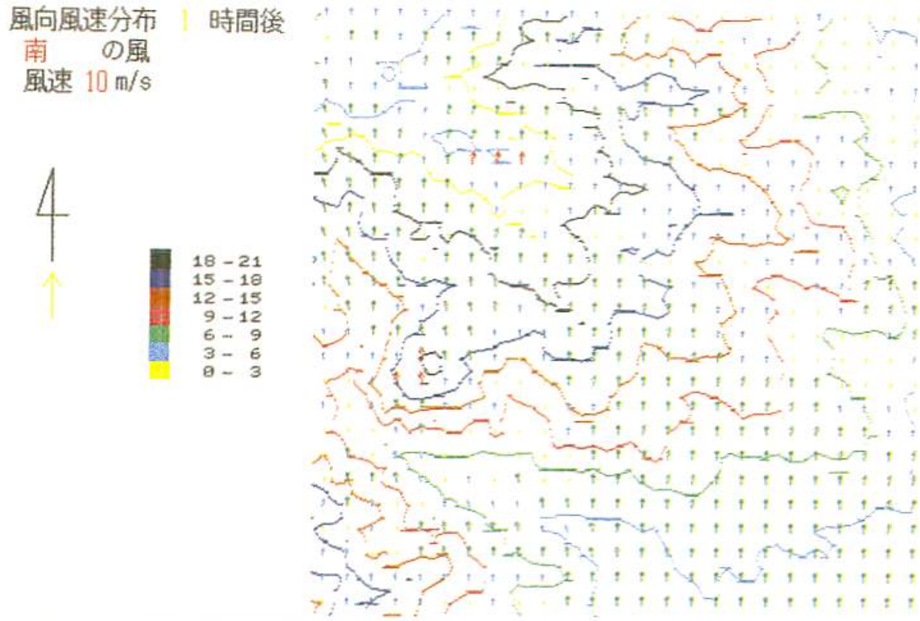
消防研究所研究資料第22号

パソコンを用いた林野火災の拡大予測に関する研究

平成2年3月

消防庁　消防研究所

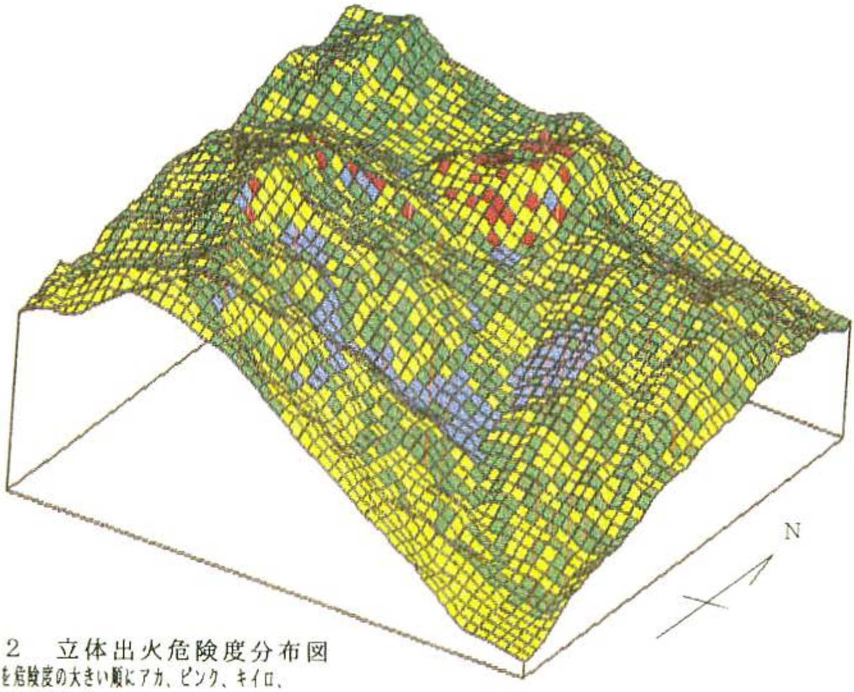


カラーグラビア 1　複雑地形周辺の風の分布図

森林上空を南風(風速 10 m /s)が吹く場合の地表付近の風の場の予測図

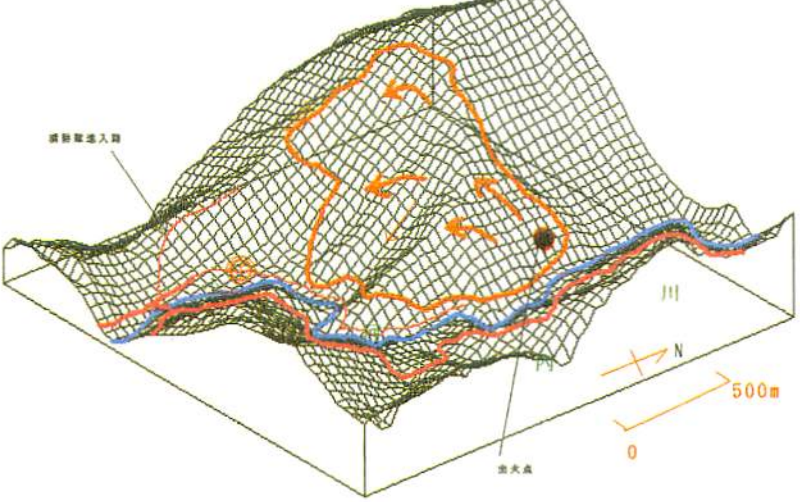
風速　キイロ(0-3)、アオ(3-6)、ミドリ(6-9)
　　　アカ(9-12)、ピンク(12-15)

等高線　アオ(100m)、ミドリ(200m)、アカ(300m)
　　　ピンク(400m)、ミズイロ(500m)、クロ(600m)
　　　キイロ(700m)、アオ(800m)

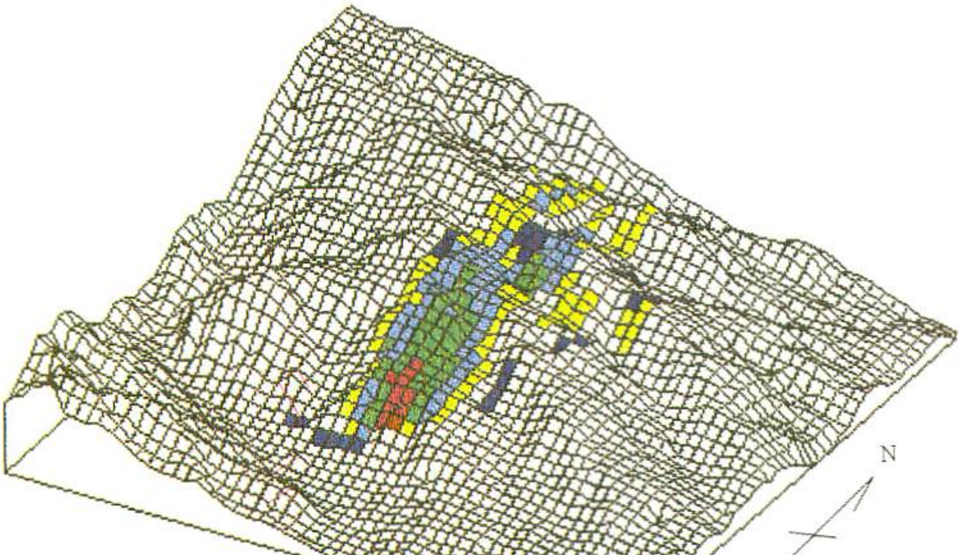


カラーグラビア 2　立体出火危険度分布図

出火危険度の分布を危険度の大きい順にアカ、ピンク、キイロ、
ミドリ、ミズイロ、アオで示した。



カラーグラビア３　立体林野火災防御活動地図
（静岡市小河内の林野火災）



カラーグラビア４　立体延焼動態予測図
出火場所をアカ、１時間ごとの延焼範囲を順にピンク、ミドリ、ミズイロ、キイロ、で、また、消防隊の活動位置をアオで示した。

消防研究所研究資料第22号

パソコンを用いた林野火災の拡大予測に関する研究

平成2年3月

消防庁　消防研究所

はじめに

林野火災は気象、地況、林況等の諸因子に影響される。これらの諸因子のうち気象因子についてはアメダスデータのようにデータが豊富であることから林野火災と気象条件の関係については比較的検討されている。これに対して地況と林況についてはそれらの諸条件を数値データにおきかえることが困難であり、林野火災と地形環境及び樹種との関係については系統的な検討がなされていないのが実状である。

近年、技術革新がすばらしく、計算機の性能が著しく向上してきた。かつて大型計算機で行われた計算がパソコンでも可能となり、また、数値地形モデルを使って容易に林野火災の地形環境を表示することが可能になってきている。今後もパソコンの性能は向上し、それに付随するソフトが充実して更に普及するものと考えられる。

大規模林野火災あるいは死者の発生した林野火災等の特定の林野火災については、地形環境をパソコンを用いてビジュアルな形で記録するとともに諸条件下の林野火災の延焼動態を関係者により正確に伝達することは、林野火災対策上有用である。

そこで今回はパソコンを使って林野火災の地形環境を表示したり、諸条件下のもとで林野火災の拡大を予測する方法を構築した。それに必要なデータの自動入力法を新たに考案し、ここに報告書としてとりまとめた。パソコンであるので入手が容易であり、この報告書を参考にして林野火災の拡大危険区域の策定等の予防対策に活用することができる。パソコン故の限界もあるが、将来において拡大予測モデルの改良、パソコンの性能向上等が期待できる点を考えれば消防態勢を含めてより広い分野に活用できるものと推測される。

平成２年３月

火災物理研究室長　山下邦博

パソコンを用いた林野火災の拡大予測に関する研究
目　　　次

1．研究概要
1．1　研究目的 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
1．2　研究内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
1．3　各章の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2．標高データの自動読み取り
2．1　はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
2．2　標高の自動読み取り ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
2．3　斜面方位と傾斜角の算出 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
2．4　他のデータの入力方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
2．5　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
3．林野火災用立体地図の作成
3．1　はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 23
3．2　林野火災用立体地図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 23
3．3　立体地図の作成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 24
3．4　立体防御活動地図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
3．5　立体危険度地図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29
3．6　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 30
4．林野火災の拡大予測
4．1　はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52
4．2　既往の拡大予測モデルの特徴 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52
4．3　林野火災の延焼速度 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 54
4．4　拡大予測モデルの構築 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 60
4．5　拡大予測モデルの検証 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 61
4．6　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 62
5．まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 81

付属資料　I、II

パソコン操作（I）とプログラムリスト（II）

(A)　パソコン操作の概要
(B)　標高データ作成
(C)　樹種データ作成
(D)　立体地形図作成
(E)　地形断面図の作成
(F)　風の場の予測
(G)　森林内部の風の場の予測
(H)　強風地点の予測
(I)　延焼拡大予測（延焼モデル　RINYA81.EXE）
(J)　延焼拡大予測（延焼モデル　RINYA8C.EXE）
(K)　拡大予測結果の立体表示
(L)　拡大予測結果に対する情報追加
(M)　プログラム修正法

第１章　研究概要

１．１　研究目的

林野火災の現地調査及び模型火災実験により林野火災に及ぼす気象、地形、森林および消防活動の影響を調べることにより林野火災の延焼拡大に関するデータを収集し、新たな知見を得る。これらの知識・情報を総合して林野火災の拡大予測モデルを構築し、林野火災の予防対策及び消防態勢等への予測モデルの利用可能性を探る。

１．２　研究内容

本研究の概要を表１－１に示す。この研究は、対象地域の地形情報、可燃物情報、気象情報をできる範囲で詳細に取り込むことにより精度の高い林野火災の拡大予測を行い、立体地図に表示するものである。この研究の構成は、

- 各種データの図面からの自動読み取り
- 林野火災用立体地図の作成
- 林野火災の延焼予測

の３項目からなっている。

林野火災の延焼区域は広範囲であり、また、延焼に影響を及ぼす因子が多いため、延焼予測には表１－２に示すように数万個にも及ぶ多量のデータが必要となる。このため、最初に、直接図面から標高データ、土地用途区分データ及び樹種分布データを読み取る方法を考案した。次いで、読み取った標高データを利用して立体地図を作成し、それを林野火災の予防対策への利用法を示した。この立体地形図は消防活動情報、道路、河川、集落等の情報を追加することにより林野火災用立体地形情報システムとして利用でき、それの簡便な作成法を構築した。さらに、図１－２に示す対象地域の情報（地形、気象、可燃物）を考慮して極め細かい拡大予測を行う方法を確立し、その拡大予測結果を立体延焼動態予測図として作成した。

本研究を行う場合に必要な機器構成を図１－１に示す。使用した機器はパソコン本体（ＰＣ－9801ＶＸ）、ディスプレイ、ハードディスク、プリンター及びマイクロバックス（ミニコン）である。

１．３　各章の概要

第２章では対象地域を51×51（＝2601点）の格子点で区分し、各格子点の標高を自動的に読み取る方法を検討した。初めに、等高線の間を青、赤、紫の三色に一定の方法で塗り分け、その色変化から各格子点の標高を自動的に読み取りそれを計算機に自動入力できるようにした。このデータについては読み取り精度を高めるため標高データの平滑化を行った。また、プログラムの一部を変更することにより対象地域の樹種分布、樹冠疎密度分布、樹高分布、消防隊の配置状況等を直接図面からディジタルデータとして読み取り、計算機に自動入力する方法を示した。この方法を用いることにより消防隊の配置データのように時間的に変化するデータを容易に作成することが可能になった。

第３章では林野火災用立体地形図の作成法について述べ、その応用例を示した。そこでは過去の代表的な林野火災の延焼範囲を立体焼損図として表示し、かつ立体危険度地図、立体樹種分布図、立体強風地点図、林野火災活動図、及び延焼範囲の地形断面図の具体的な作成方法を示した。

第４章では延焼速度に影響を与える各種の因子と林野火災の関係についてふれた。特に延焼速度に及ぼす可燃物の種類、含水率、森林内部の風の場等について記述し、諸条件が変化した場合の延焼速度の変化を推定した。また、飛火延焼を含む拡大予測モデルを構築した。

第５章ではこの研究の成果をまとめた。また、パソコンに習熟していない方々のためにパソコン操作法を付属資料として記載した。

表1-1　本予測法の概要

		内　容	必要な図面・データ	出力データ	プログラム、ソフト (使用機器)
①データの収集と加工	第1処理	各種の図面を収集しそれらをディジタルデータに変換する	1 対象地域の地形図 2 樹種分布図 3 樹冠疎密度分布図 4 樹高分布図	標高データ 樹種分布データ 樹冠疎密度データ 樹高分布データ	VIP [1] HYOUKOU.BAS JYUSYU.BAS (PC-9801本体) (イメージスキャナー)
	第2処理	対象地域の森林上空の風の場を計算する。	1 標高データ 2 大気安定度 3 メッシュ幅 4 対象高度範囲	森林上空の風の場のデータ	WINDY2.FOR[2] (マイクロバックス)
	第3処理	樹林内の風の強さを計算する	1 風の場のデータ 2 樹冠疎密度 3 樹高データ	森林内の風のデータ	CNV.BAS UVWSPOT.FOR WI2.BAS (PC-9801本体)
②林野火災用立体地図作成		延焼範囲を立体視した地形図に表示する。視点は任意であり視点方位と俯角は選択可能	1 延焼予測データ 2 視点の方位と俯角 3 図面の色と倍率 4 基準高度 5 その他	延焼予測結果の画面 延焼範囲地形断面	MMENU.BAS [3] (PC-9801本体)
		延焼予測結果に道路、河川湖沼、建物等の情報を付加する	1対象地域の詳細地図 2航空写真 3林野火災防御図 4延焼動態図	延焼予測結果の画面 (情報を付加する) 延焼範囲地形断面 (情報を付加する)	SKELETON.PAS [4] 花子 [5] (PC-9801本体)
③延焼予測		各メッシュ地点の風向、風速斜面方位、傾斜角等に応じた延焼速度で火災が拡大すると仮定して時間毎の延焼範囲を計算する。	1 斜面方位、傾斜角 2 森林内の風のデータ 3 樹種データ 4 出火点の座標 5 強風地点のデータ 6 メッシュ幅	各メッシュ地点が燃え出す時間(単位は分) を計算し、各時間毎の色分けを行う。	RINYA8C.FOR RINYA81.FOR
④印刷		CRT画面に表示したものを印刷する		延焼予測結果のカラー図面	CT.PAS [6] (PC-9801本体) (カラープリンター) (PC-9801本体)

(プログラム中の拡張子　BAS　ベーシック；PAS パスカル；FOR フォートラン)

(注釈)

1)VIPはシステムクオリティ(株)の商標です。
2)WINDY2は気象研究所で開発してプログラムです。
3)MMENUは田中らが作成したプログラムです。
4)SKELETONはお絵かきソフトです。
5)花子はジャストシステムの商標です。
6)CTは印刷するプログラムです。

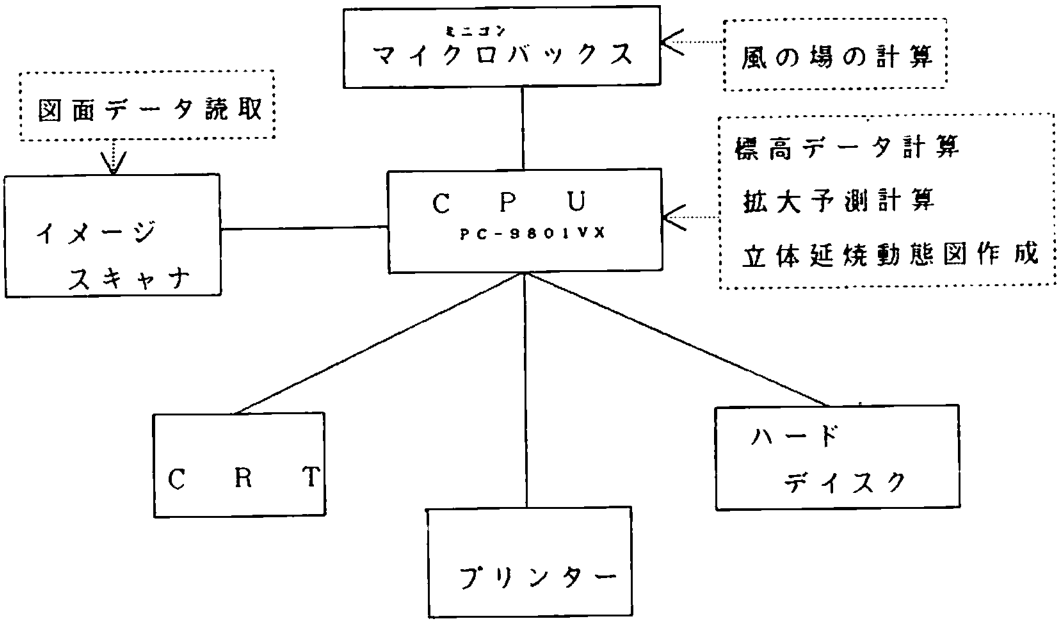

ミニコン
マイクロバックス
風の場の計算
図面データ読取
標高データ計算
拡大予測計算
立体延焼動態図作成
ＣＰＵ
PC-9801VX
イメージ
スキャナ
ＣＲＴ
ハード
ディスク
プリンター

図1-1　機器構成

表1-2　デ-タの種類

種類	ファイル名 (デ-タ個数)	容量(KB) デ-タ数(時間的な変化なし)	容量(KB) デ-タ数(4回分時間変化あり)
標高	CHIKEI.DAT (51×51)	15.6 (2601)	— (左に同じ)
斜面方位・傾斜角	FNAME.DAT (50×50×2)	26 (5000)	—
風向・風速(森林上空)	UVW.RES (50×50×2)	15 (5000)	114 (20000)
風向・風速(森林内部)	UVW1.RES (50×50×2)	15 (5000)	114 (20000)
強風地点	UVWSPOT.RES (50×50×3)	20 (7500)	136 (30000)
可燃物延焼速度比 (消防活動・降雨)	SPEC.DAT (50×50) (SHOUBOU.DAT) (50×50)	13 (2500) (13) (2500)	80 (80) (10000)
樹冠疎密度	SOMITU.DAT (50×50)	18 (2500)	—
樹高	JYUKOU.DAT (50×50)	15.5 (2500)	—

注：　対象地域の標高データ名はAIOI.DATのように地名を使う。
計算機のメモリーの関係で可燃物延焼速度比と消火活動の効果を同じデータとして使用した。

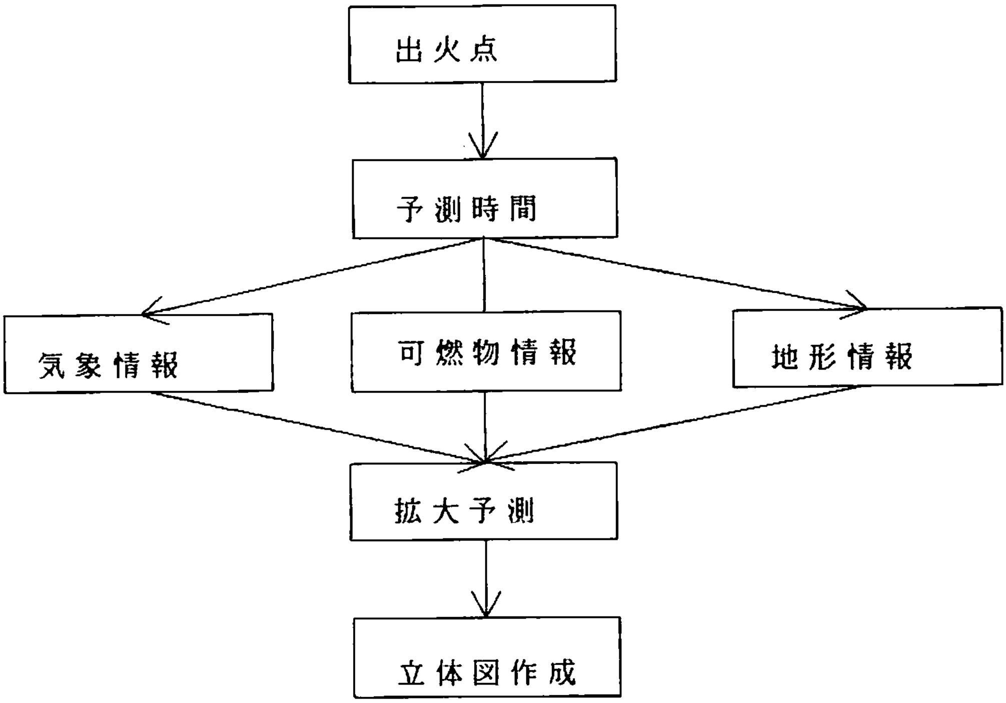


図1-2　拡大予測の手順

第2章　標高データの自動読み取り

2．1　はじめに

林野火災の拡大予測を行なう際に対象地域（N×Nのメッシュに分ける。）の各メッシュ毎に斜面方位・傾斜角（各格子点の標高データから求める）、樹種、樹高、樹冠疎密度、地表可燃物の種類、風向・風速などの多くのデータが必要となる。また、林野火災の拡大予測結果を立体地形図に表示しようとすれば各格子点の標高データが不可欠である。各地域の標高データとして、国土地理院作成の国土数値情報（サンプリング間隔は250m）がある。この数値データは全国を網羅しており、広く利用されているが、必要なとき手軽に使えない難点がある。標高データの読み取り及び計算機への自動入力は非常に手間を要する作業であるが、今までこの作業を人手により行ってきた。手元にある地図を利用して標高データを自動的に読み取り、計算機に自動入力できれば便利であることからこの標高データの自動読み取りと自動入力法について検討した。

地図から標高データを読み取る方法としては、間瀬らが提案した三色比高法[1, 2]がある。この方法では標高データ値を等高線の標高間隔でしか求められないため、読み取り精度が悪い。そこで本研究では、読み取った標高データのスムージング（平滑化）を行い、より精度の高い標高データの自動読み取り法を考案した。

2．2　標高の自動読み取り

2．2．1　構成と作業手順

機器構成を図２－１に示す。使用する機器は、イメージスキャナ(IS-300M2, システムクォリティ株式会社製）とパソコン（ＰＣ－9801VX日本電気株式会社製）である。イメージスキャナは、等高線図、樹種分布曲線図などを読み込むのに使い、パソコンは、イメージスキャナで読み込んだ曲線図に対し、塗り分け処理や計算処理を行い、データを一定の様式で出力するのに使う。

（１）自動読み取りの作業手順

標高データの作成は以下の手順で行う。

1）地形図の作成

2）イメージスキャナによる地形図の読み取り

3）画像処理によるデータ値の読み取り

4）数値データの平滑化

5）フロッピーディスクにデータを出力

1）市販の地図から地形図（ここでいう地形図とは、等高線だけが描かれた地図である。）を作成する。市販されている地図には等高線以外に地名や記号などが書かれており、線の色が薄いため、そのまま読み取ると修正箇所が多くなるので、地形図は地図をトレースしたものを用いる。現在のところ作成した地形図の大きさは、パソコンのディスプレイの一画面分に収めるために、拡大あるいは縮小して56mm×56mmにする。

2）イメージスキャナにより読み込まれた地形図は、パソコンディスプレイ上に表示されるので、線の切れ目、不要な線のくっつきなどの不具合はこの段階で修正する。修正はイメージスキャナに付属するソフト[3]を用いて行う。

3）等高線で囲まれる領域を、低地から高地に向かって青→赤→紫→青→…というように3色で順番に塗り分けする。これはBASIC言語のPAINT命令を使って行うもので、マウスでカーソルを移動させ、色に対応した数字キーを押すことにより塗り分ける。

地形図の図面左上に基準標高値を与え、等高線の標高差と色の変化によって各格子点の等高線高さを読み取る。

4）3）で得たデータは、等高線の標高差で刻まれた数値のため、断面形状は階段状になっている。これらのデータをより実際に近づけるために、平滑化を行う。

5）フロッピーディスクにデータを出力し、立体地形図のプログラム[1]等で使用できるよう一定の様式で記録する。

次に、前項3）、4）について計算手順を説明する。今回の計算では、51×51の格子点で行った。

（2）計算方法

本方式で行った標高計算の方法を図2－2のフローに示す。間瀬らが行った三色比高法に従い、地形図を3色に塗り分ける。今回は、単調に高くなる場所では等高線で囲まれる領域を青→赤→紫→青→…の順に塗り分ける。これにより、隣あう2色の関係からどちらが高いかを判定することができる。低い方から高い方へ青→赤→紫→青→…と色分けを行うことで、赤の後に紫がくれば標高が上がり、赤の後に青がくれば標高が下がる、と判定できる。この判定後に等高線の標高差をプラスかマイナスすればよい。各格子点の標高は、原点（左上の隅とする）の値を基準として、その近くから順番に計算し、全格子点について求める。ここまでの処理がフロー中のAまでである。ただし、これだけだと断面形状が階段状になってしまうので、格子点の周りの標高変化を用いて、なだらかな変化へと平滑

化する。フロー中のＡからＢまでの処理は、標高の平滑化である。平滑化計算の方法としては、図２－３(a)の円弧補間と図２－３(b)の直線補間を用いる。両者とも、等高線の標高差と、ＳＰとＴＰの比を用いて計算する。平滑化する場合の手順を図２－３(a)、(b)と図２－４(a)、(b)、(c)を用いて説明する。図２－４(c)を例にとり、標高を求める格子点をＰとする。この際に以下の三つのパラメータを使用した。

パラメータ①格子点の等高線高さ・・・これはＰの等高線高さのことであり、図２－４(c)の場合は450mである。

パラメータ②その格子点の上下左右の４方向で標高が変化するまでの距離（画面上で色が変化するまでの画面のドット数）・・図２－４(c)の場合、上下左右方向のそれぞれの値は a.b.c.dとなる。

パラメータ③変化した標高値（変化値）・・・上下左右方向で標高値が変化したときの値で、図２－４(c)の場合、Ｐから見て、上と左の方向では500mとなり、下と右の方向では400mとなる。

以上三種類のパラメータを使い、円弧補間と直線補間を組み合わせて、格子点の上下左右方向の標高変化により以下の３パターンに分けて計算する。

①４方向の変化値が同一の場合（図２－４(a)）

小起伏面や頂上または盆地の底と判断する。

この場合の変化値は、点Ｐの等高線高さよりも低い値（450m）になるので、上に凸と判断し、上下方向と左右方向でそれぞれ円弧補間し平均する。

②上下または左右の変化値が等しい場合（図２－４(b)）

残りの２つの変化値より直線補間する。

この場合は、上下方向の変化値が同一なので、ｃとｄの比から直線補間して求める。

③その他の場合（図２－４(c)）

まず、上下方向と左右方向で直線補間する。つぎに、上下方向の距離（ａ＋ｂ）と左右方向の距離（ｃ＋ｄ）の比によって、それぞれの方向の影響度合を考慮して標高を求める。距離（ａ＋ｂまたはｃ＋ｄ）の短い方の影響が大きくなる。

これらの処理を全格子点について行い、全面を平滑化する。

以上の操作は図２－２のフローのＢまでの範囲である。Ｂ以降は、2.5で説明する。

以上の方法で得たデータの妥当性を吟味するために、図２－５(a)の地形について、本方式と人間が目で直接読み取ったデータとを比較した。本方式で読み取った地形図の等高線

の標高差は50m（計曲線）と10m（主曲線）である。50mのものを図２－５(b)に、10mのものを図２－５(c)に示す。また、直接読み取った地図の等高線の標高差は10mである。本方式で読み取った標高データの例を表２－１に示す。このデータの並びの順は地形図の左上を原点として、水平方向をX軸に、垂直方向をY軸にとった座標系で示す。最初の行はデータ列の番号で、第２行のＲＥＭは注釈行である。第３行からデータがならんでおり、これは10個（一部は11個）ずつ次の順で並んでいる。

(1,51)、(2,51)、(3,51)、・・・(51,51)

(1,50)、(2,50)、(3,50)、・・・(51,50)

・・・

(1,1)、(2,1)、(3,1)、・・・ (51,1)

全格子点（2601点）について本方式のデータと直接読み取ったデータの数値比較を行なった結果、10mの標高差のものでは平均誤差は0.52m、標準偏差は2.89mであり、50mの標高差のものではそれぞれ1.01m、7.90mであった。10mの標高差で作成すれば延焼予測に使用するには十分な精度で読み取ることができる。50mの標高差の場合も対象地域の地形概形を求めるのに用いることができる。

２．３　斜面方位と傾斜角の算出

前節までで標高データの格子点ごとのデータは作成される。しかし、今回の林野火災の延焼拡大予測計算プログラムでは、標高データそのもののほかに、最大傾斜角（その点から見て、１番急な上り勾配の角度。）と最大傾斜方向（最大傾斜角のある方位で、北が0°、東が90°であり45°間隔で求める）が必要である。そこでこれら２つのデータを作成するプログラムを、前節までのプログラムの後に追加した。このプログラムのフローは図２－２のＢ以降である。

前節までに計算した51×51の格子点のデータの中で、50×50の点について計算し、最大傾斜角と最大傾斜方向のデータを揃える。

(1)　最大傾斜角の計算

ある点の周りの８方向（東西南北とその中間方向）の点の標高データを使用して計算する。周りの点と中心の点の標高差を求め、それとメッシュの間隔から水平面からの角度を計算する。８方向それぞれを計算し、最大のものを最大傾斜角とする。

(2) 最大傾斜方向の計算

最大傾斜角のある方位のことで、北を0°、東を90°、南を180°、西を270°とし、45°間隔で方位を求める。既に求められている8方位の傾斜角と、最大傾斜角の大きさを比べ、同じ角度になったときにその方位を計算し最大傾斜方向とする。

2．4 他のデータの入力方法

林野火災の拡大予測を行うには表2－2に示す多くのデータが必要である。これらのデータは時間的に変化するもの（風向風速、降雨、消防隊の活動位置）と時間的に変化しないもの（標高、土地利用、樹種分布、樹冠疎密度、樹高）に分けられる。時間的に変化するものについては変化の頻度に応じてデータ量が増大する。表1－1に予測時間内に4回変化する場合のデータの容量を示した。

これらのデータの作成は、標高データ作成プログラムの一部を変更することにより、図面データから自動読み取りとパソコンへの自動入力が可能である。図面上の各メッシュ地点のデータ（例　樹種：スギ林）を数値に変換するのに、可燃物延焼速度比のように実数値に置き換える場合と色情報のように整数値に置き換える場合があり、何れも可能である。ただし、この作業を行う場合には関係図面を予め作成しておく必要がある。以下に樹種分布図を色情報に変換する場合の手順を示す。

1）標高データ用に読み込んだ地形図と同範囲の樹種分布図を作成する。
2）イメージスキャナで樹種分布図を読み込む。
3）予め色とデータ値の対応を決めておき、CRT画面の分布図を図面に応じて色塗りを行う。
4）パソコンにより50×50の格子点の色を読み取り、データ値に変換してフロッピーディスクに出力する。

以上の方法で各種の図面データをディジタルデータに変換することができ、計算機を用いて多量データの処理が可能になる。

2．5 まとめ

パソコンとイメージスキャナーを使い、地形図から各格子点の標高データを自動的に読み取り、それを計算機に自動入力するプログラムを作成した。また、この作成したプログラムの一部を変更することにより林地の土地用途区分、樹種分布、樹冠疎密度分布、樹高

分布などのデータも自動読み取りと自動入力が可能となり、林野火災の拡大予測に必要な多量データの作成が容易になった。

謝辞　今回の研究中、消防研究所通報設備研究室の河関大祐研究員に種々助言を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1）間瀬実郎、瀬口哲夫："等高線塗り分けによる地形データ入力支援システムの研究"、昭和63年度第23回日本都市計画学会学術研究論文集、P. 457　(1988)

2）間瀬実郎、瀬口哲夫、河合和久、大岩元："等高線の高さ情報付与に関する一考察"、電子情報通信学会機械図形情報システム研究会報告（1989)

3）システムクォリティ株式会社編："ＶＩＰ／200 ver3.0ＰＣ－9801用取扱説明書"、システムクォリティ株式会社、71（1986)

4）田村裕之、稲垣　実、山下邦博：標高データの自動読み取り法について：消防研究所報告：No. 69(1990)

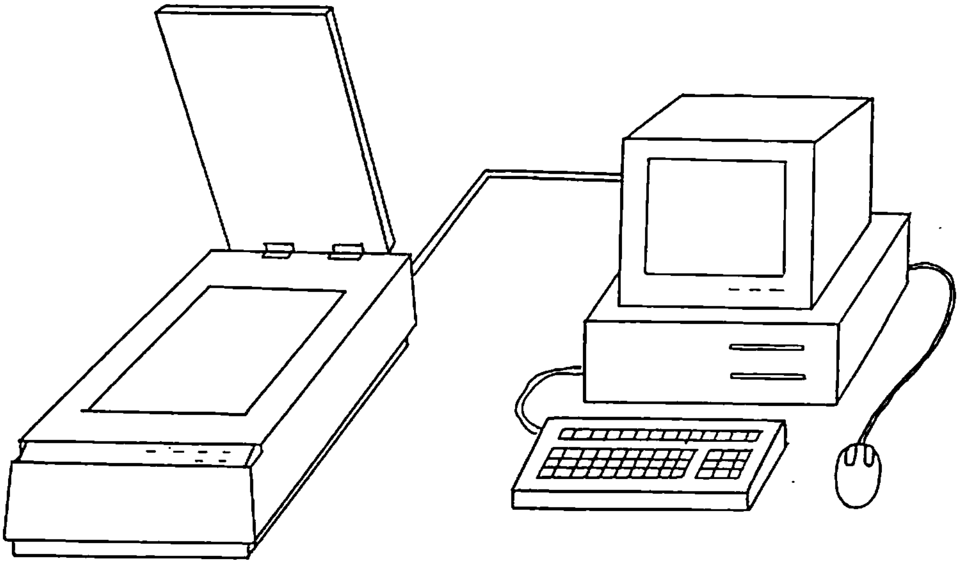


図2-1　標高データ自動読み取りの機器構成

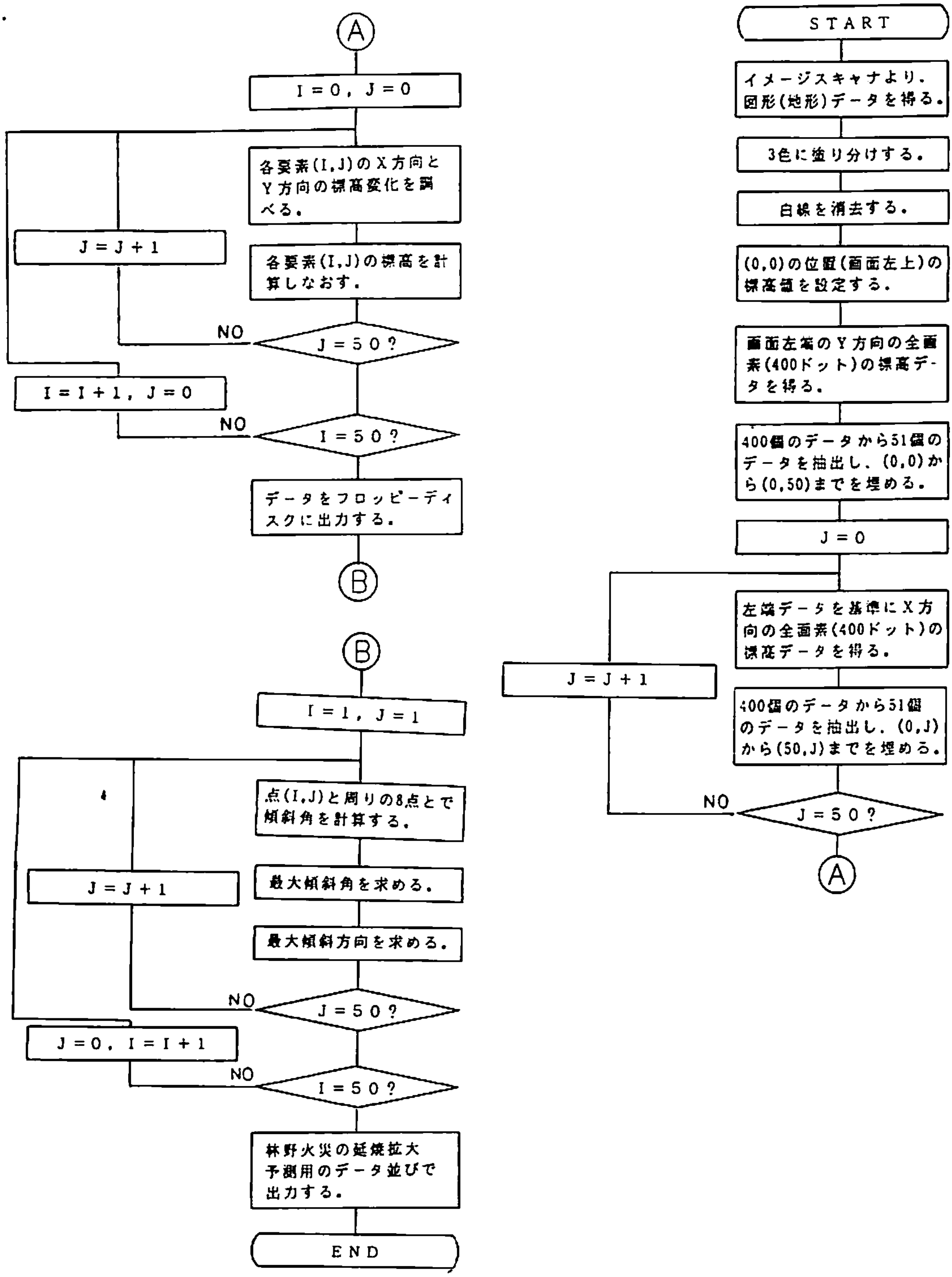
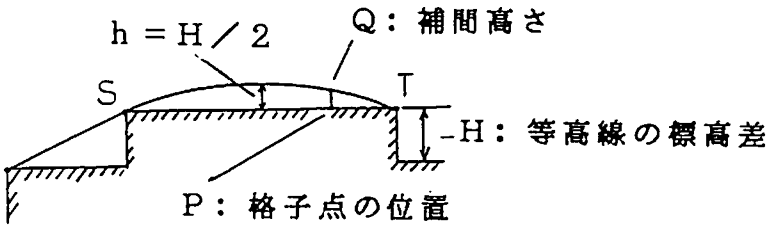


図2-2　標高データの作成フロー

（ａ）　円弧補間



（ｂ）　直線補間

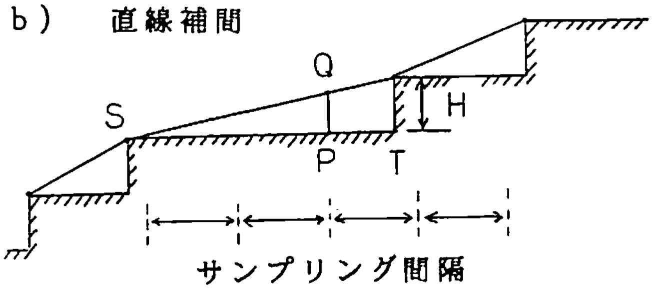
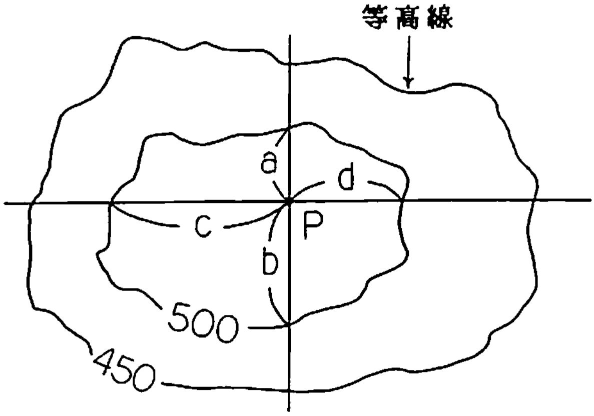
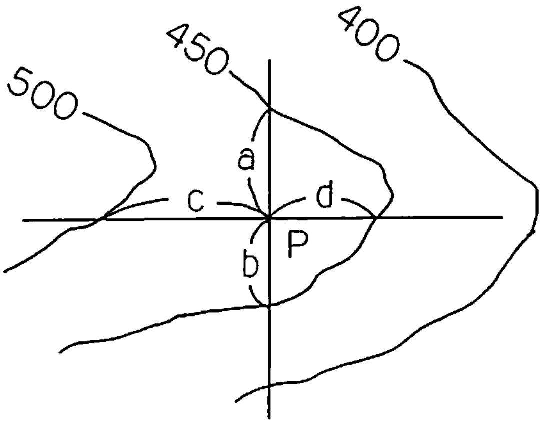


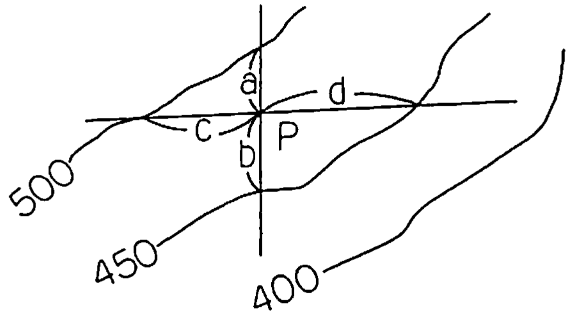
図2-3　標高データの平滑化



（ａ）パターン１



（ｂ）パターン２



（ｃ）パターン３

図2-4　等高線と格子点の位置関係

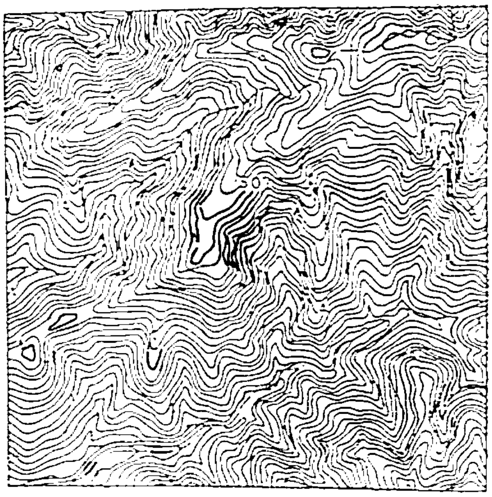


図2-5 (a)　地形図の例

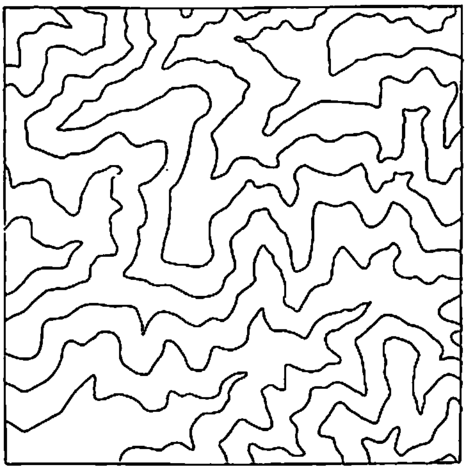


図2-5 (b)　50m間隔の等高線をトレース
したもの

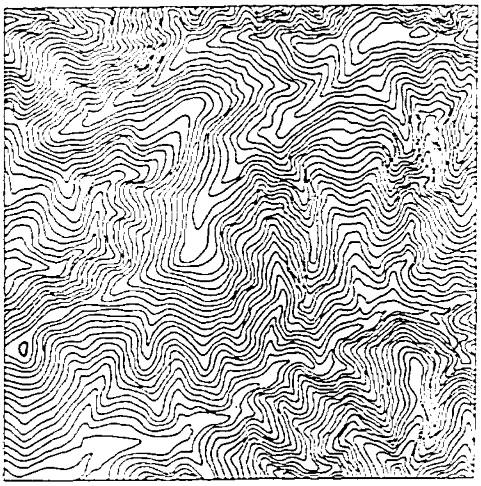


図2-5 (c)　10m間隔の等高線をトレース
したもの

表2-1　地形図から自動読み取りした標高データ

```
100 REM   51,  51,  70,  70
102 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
103 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
104 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
105 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
106 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
107 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
108 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
109 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
110 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
111 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
112 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
113 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   5,   0,   0,   0
114 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
115 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
116 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
117 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
118 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,  14,   0,   0,   0
119 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
120 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
121 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
122 REM    0,   0,   0,   4,   4,   0,   0,   0,   0,   0
123 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,  16,  18,  27,  32
124 REM    9,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
125 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
126 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
127 REM    0,   0,   0,  40,  36,   0,   0,   0,   0,   0
128 REM    0,   0,   0,   0,  17,  34,  38,  46,  55,  51
129 REM   23,   3,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
130 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
131 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
132 REM    0,   0,   0,  22,  42,   0,   0,   0,   0,   0
133 REM    0,   0,   0,   0,  36,  66,  73,  77,  81,  77
134 REM   64,  27,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
135 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
136 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
137 REM    0,   0,   0,   0,  21,   6,   0,   0,   0,   0
138 REM    0,   0,   0,   5,  27,  72, 101, 111, 116, 115
139 REM   97,  64,  35,   8,   0,   0,   0,   0,   0,   2
140 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
141 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
142 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
143 REM    0,   0,   0,  22,  62,  70,  88, 128, 154, 138
144 REM  126,  98,  57,  36,  14,   0,   1,   4,   6,  21
145 REM    4,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
146 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
147 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
148 REM    0,   0,   0,  26,  80, 106, 128, 146, 171, 144
149 REM  125,  83,  55,  38,  28,  11,  10,  13,  15,  47
150 REM   33,   5,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
151 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
152 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
153 REM    0,   0,  12,  43,  85, 124, 155, 176, 197, 164
154 REM  134,  97,  69,  45,  19,  23,  20,  23,  24,  68
155 REM   50,  21,  21,  12,   0,   0,   0,   0,   0,   0
156 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
157 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
158 REM    0,   0,  17,  47,  80, 133, 169, 205, 225, 190
159 REM  158, 105,  83,  66,  55,  35,  29,  38,  41,  58
160 REM   62,  36,  45,  48,  20,  10,   0,   0,   0,   0
161 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
162 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
163 REM    0,   0,  22,  53,  81, 116, 170, 214, 252, 214
164 REM  163, 117, 103,  78,  49,  32,  38,  53,  47,  57
165 REM   74,  49,  47,  66,  55,  40,  12,   0,   0,   0
166 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
167 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
168 REM    0,   0,  33,  57,  84, 128, 168, 192, 205, 224
169 REM  176, 146, 123,  93,  51,  38,  53,  71,  56,  70
170 REM   87,  68,  56,  75,  77,  57,  39,  16,   2,   0
171 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
172 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
173 REM    0,   9,  35,  53,  80, 107, 137, 162, 176, 216
174 REM  192, 161, 117,  86,  51,  51,  69,  78,  76,  83
```

```
175 REM  102,  98,  75,  84,  95,  75,  54,  37,  24,  22
176 REM   13,   6,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
177 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
178 REM    0,   0,  10,  26,  55,  82, 107, 131, 159, 186
179 REM  194, 163, 124,  87,  57,  66,  93, 103,  99,  93
180 REM  114, 123, 107, 104, 106,  92,  79,  65,  54,  48
181 REM   32,  16,   4,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
182 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
183 REM    0,   1,  12,  23,  41,  54,  80, 104, 113, 156
184 REM  191, 174, 113,  85,  68,  79, 121, 139, 126, 122
185 REM  140, 147, 141, 135, 125, 111, 100,  92,  78,  66
186 REM   40,  24,  14,   1,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
187 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
188 REM    0,   2,  12,  21,  32,  51,  68,  80,  96, 126
189 REM  175, 174, 125,  82,  77,  87, 129, 164, 153, 139
190 REM  162, 172, 183, 165, 139, 114, 101,  82,  66,  54
191 REM   52,  44,  29,  15,   7,   0,   0,   0,   0,   0,   0
192 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
193 REM    0,   7,  17,  27,  38,  49,  63,  83, 106, 140
194 REM  154, 136, 109,  78,  85,  93, 132, 185, 184, 170
195 REM  203, 215, 213, 174, 153, 129, 107,  85,  68,  64
196 REM   68,  64,  45,  25,  18,  12,  14,  11,   0,   0,   0
197 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   2
198 REM    8,  12,  20,  26,  37,  51,  71,  95, 115, 146
199 REM  146, 116, 100,  76,  99, 113, 145, 197, 215, 217
200 REM  235, 257, 233, 195, 169, 146, 123,  86,  85,  83
201 REM   78,  68,  53,  39,  27,  26,  49,  43,  16,   0,   0
202 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
203 REM    5,  10,  16,  22,  27,  44,  75, 101, 118, 141
204 REM  169, 134, 109, 102, 118, 133, 159, 204, 220, 234
205 REM  255, 277, 256, 219, 190, 157, 127, 108, 106,  97
206 REM   89,  79,  67,  45,  42,  45,  72,  71,  51,  34,  15
207 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
208 REM    6,  13,  21,  28,  44,  66,  82,  98, 108, 119
209 REM  147, 137, 112, 124, 143, 140, 149, 177, 222, 249
210 REM  264, 286, 281, 225, 184, 155, 108, 128, 128, 112
211 REM  101,  85,  76,  54,  55,  68,  87,  98,  87,  63,  44
212 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
213 REM    0,  12,  24,  36,  43,  54,  71, 100, 136, 155
214 REM  153, 145, 131, 138, 158, 155, 160, 190, 225, 263
215 REM  281, 294, 259, 224, 178, 161, 135, 148, 152, 134
216 REM  118, 107,  94,  67,  73, 100, 110, 126, 116,  83,  65
217 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
218 REM    0,  11,  22,  38,  51,  70,  83, 111, 147, 175
219 REM  173, 158, 154, 154, 163, 175, 173, 191, 226, 264
220 REM  308, 302, 261, 231, 202, 175, 159, 164, 167, 154
221 REM  138, 127, 110,  80,  96, 122, 133, 145, 147, 113,  80
222 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
223 REM    0,   9,  19,  31,  43,  54,  79, 110, 159, 187
224 REM  196, 173, 168, 173, 173, 189, 197, 201, 222, 254
225 REM  295, 307, 267, 245, 214, 177, 177, 178, 193, 173
226 REM  155, 135, 112,  97, 109, 130, 157, 176, 181, 137, 111
227 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
228 REM    0,  11,  19,  29,  50,  71,  88, 113, 154, 193
229 REM  222, 194, 186, 190, 185, 202, 218, 205, 242, 261
230 REM  285, 311, 261, 230, 206, 190, 193, 207, 216, 212
231 REM  174, 146, 126, 115, 133, 143, 162, 195, 188, 143, 108
232 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
233 REM    2,  14,  19,  27,  47,  75, 104, 130, 159, 189
234 REM  219, 220, 219, 213, 205, 217, 225, 223, 257, 304
235 REM  313, 316, 259, 227, 201, 213, 205, 223, 243, 229
236 REM  198, 171, 155, 131, 159, 168, 176, 212, 195, 136, 108
237 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
238 REM    8,  23,  35,  44,  54,  72,  98, 124, 160, 186
239 REM  203, 218, 228, 238, 231, 247, 239, 227, 259, 296
240 REM  339, 319, 267, 233, 232, 237, 219, 248, 265, 249
241 REM  227, 213, 173, 144, 183, 200, 198, 227, 202, 160, 134
242 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   4
243 REM   15,  29,  24,  36,  52,  73, 102, 130, 161, 186
244 REM  190, 214, 228, 244, 257, 275, 264, 244, 264, 296
245 REM  353, 323, 282, 234, 263, 267, 232, 271, 291, 276
246 REM  255, 244, 201, 167, 195, 228, 236, 247, 218, 174, 162
247 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   3,  14
248 REM   21,  34,  45,  56,  71,  86, 105, 128, 154, 173
249 REM  175, 197, 221, 260, 276, 295, 293, 276, 281, 336
250 REM  369, 326, 289, 262, 285, 290, 252, 286, 318, 303
```

```
251 REM  284, 272, 230, 195, 206, 248, 277, 263, 233, 215, 197
252 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,  14,  21
253 REM   20,  25,  34,  50,  67,  81,  98, 116, 136, 144
254 REM  164, 194, 220, 244, 285, 323, 339, 306, 315, 367
255 REM  384, 353, 319, 296, 307, 319, 283, 294, 339, 324
256 REM  315, 290, 247, 219, 228, 254, 287, 255, 227, 206, 171
257 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,  14,  35,  41
258 REM   27,  15,  36,  45,  54,  66,  80,  98, 111, 133
259 REM  157, 184, 205, 233, 275, 320, 370, 349, 345, 377
260 REM  406, 386, 347, 337, 339, 345, 319, 315, 354, 356
261 REM  345, 312, 275, 238, 253, 267, 282, 249, 197, 176, 168
262 REM    0,   0,   0,   0,   0,   2,  11,  24,  55,  56
263 REM   40,  21,  36,  47,  59,  72,  78,  99, 109, 130
264 REM  156, 186, 218, 238, 279, 320, 361, 372, 382, 398
265 REM  417, 424, 385, 384, 394, 385, 370, 347, 353, 393
266 REM  377, 337, 307, 264, 280, 286, 267, 236, 196, 143, 159
267 REM    0,   3,   9,   8,  13,  14,  20,  37,  69,  69
268 REM   48,  18,  17,  36,  48,  52,  62,  87, 100, 115
269 REM  131, 166, 202, 251, 294, 310, 320, 328, 354, 367
270 REM  387, 430, 417, 443, 443, 430, 424, 403, 396, 409
271 REM  397, 354, 336, 310, 305, 280, 244, 205, 183, 148, 137
272 REM    0,  40,  39,  19,  28,  21,  25,  33,  48,  73
273 REM   57,  47,  34,  33,  45,  55,  66,  78,  83, 101
274 REM  118, 145, 189, 231, 260, 280, 287, 304, 320, 326
275 REM  356, 405, 439, 463, 467, 462, 456, 437, 431, 435
276 REM  412, 382, 356, 341, 315, 266, 225, 188, 164, 146, 136
277 REM    1,  18,  22,  33,  47,  40,  44,  62,  67,  78
278 REM   76,  73,  55,  49,  50,  59,  62,  76,  87, 102
279 REM  113, 136, 184, 216, 228, 252, 260, 278, 288, 308
280 REM  342, 381, 407, 445, 456, 460, 466, 464, 459, 443
281 REM  430, 408, 380, 349, 296, 255, 222, 196, 175, 165, 143
282 REM    0,   0,   8,  45,  72,  70,  72,  79,  75,  70
283 REM   66,  58,  69,  52,  35,  55,  51,  70,  82, 101
284 REM  126, 139, 161, 185, 203, 225, 242, 247, 265, 292
285 REM  322, 365, 380, 413, 424, 424, 426, 425, 424, 422
286 REM  410, 399, 375, 341, 290, 249, 229, 214, 199, 184, 154
287 REM    0,   0,   0,  27,  49,  67,  58,  63,  71,  70
288 REM   66,  53,  47,  34,  18,  42,  53,  72,  91,  98
289 REM  113, 124, 141, 162, 184, 191, 206, 231, 258, 284
290 REM  310, 335, 343, 381, 387, 381, 385, 387, 393, 396
291 REM  383, 383, 377, 339, 311, 282, 251, 233, 214, 184, 140
292 REM    0,   0,   0,  16,  40,  46,  39,  52,  56,  55
293 REM   52,  44,  36,  27,  18,  40,  56,  68,  81,  89
294 REM  105, 115, 138, 157, 169, 183, 206, 237, 249, 264
295 REM  287, 306, 324, 352, 363, 343, 343, 365, 345, 374
296 REM  363, 350, 371, 355, 335, 304, 273, 248, 218, 187, 154
297 REM    0,   0,   1,  11,  21,  26,  20,  43,  45,  46
298 REM   42,  38,  24,  24,  32,  49,  65,  69,  80,  87
299 REM  103, 118, 130, 143, 158, 178, 199, 222, 231, 244
300 REM  263, 268, 308, 338, 336, 310, 318, 344, 318, 350
301 REM  344, 324, 334, 343, 336, 293, 258, 248, 221, 192, 167
302 REM    0,   0,   8,   6,   8,   5,   0,  34,  34,  36
303 REM   32,  31,  16,  21,  31,  38,  46,  54,  68,  82
304 REM  100, 116, 126, 137, 148, 169, 194, 215, 218, 225
305 REM  235, 274, 305, 318, 313, 284, 302, 324, 302, 319
306 REM  321, 309, 296, 335, 318, 286, 234, 204, 204, 187, 170
307 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,  10,  19
308 REM   43,  17,   7,  18,  28,  35,  44,  53,  66,  80
309 REM   94, 109, 114, 127, 142, 163, 182, 195, 194, 200
310 REM  221, 258, 283, 290, 285, 258, 287, 308, 291, 288
311 REM  288, 285, 283, 292, 291, 277, 249, 217, 190, 189, 170
312 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
313 REM   22,   5,   0,   9,  19,  28,  45,  62,  69,  78
314 REM   88, 102, 107, 116, 133, 151, 161, 166, 173, 178
315 REM  198, 226, 244, 245, 249, 237, 277, 285, 277, 255
316 REM  259, 249, 266, 273, 266, 263, 243, 203, 178, 171, 173
317 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
318 REM    0,   0,   0,   8,  20,  35,  57,  74,  54,  69
319 REM   85,  98, 107, 123, 128, 134, 142, 148, 161, 171
320 REM  191, 215, 205, 213, 205, 221, 261, 258, 260, 221
321 REM  225, 226, 250, 252, 251, 236, 226, 204, 177, 148, 137
322 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
323 REM    0,   0,   0,   5,  17,  29,  48,  52,  59,  69
324 REM   78,  91,  95, 103, 111, 118, 128, 138, 148, 165
325 REM  185, 189, 187, 197, 190, 220, 244, 236, 230, 202
```

```
326 REM  204, 208, 227, 231, 220, 220, 203, 190, 178, 161, 157
327 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
328 REM    0,   0,   0,   5,  16,  27,  42,  49,  59,  65
329 REM   66,  78,  85,  98, 115, 130, 139, 149, 154, 161
330 REM  166, 171, 177, 182, 171, 212, 226, 223, 213, 191
331 REM  194, 193, 199, 215, 250, 231, 214, 199, 188, 174, 172
332 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
333 REM    0,   0,   0,   4,  16,  31,  38,  50,  75,  51
334 REM   63,  85, 110, 129, 136, 152, 162, 172, 158, 176
335 REM  164, 162, 169, 166, 169, 198, 209, 203, 191, 171
336 REM  184, 169, 182, 198, 234, 234, 228, 209, 204, 200, 196
337 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
338 REM    0,   0,   0,   0,  20,  26,  23,  37,  47,  50
339 REM   57,  81, 106, 129, 147, 161, 171, 192, 164, 186
340 REM  177, 173, 173, 172, 173, 190, 192, 194, 186, 167
341 REM  164, 171, 203, 222, 236, 250, 245, 226, 212, 178, 167
342 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
343 REM    0,   0,   0,   0,   6,  15,  24,  33,  36,  48
344 REM   56,  74, 101, 130, 155, 167, 178, 197, 169, 165
345 REM  191, 192, 192, 191, 186, 175, 175, 169, 171, 192
346 REM  170, 172, 193, 207, 224, 249, 267, 244, 207, 178, 167
347 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
348 REM    0,   0,   0,   0,   0,   5,  13,  21,  29,  42
349 REM   54,  79, 107, 124, 137, 149, 170, 194, 174, 171
350 REM  187, 222, 204, 194, 193, 168, 169, 170, 170, 197
351 REM  170, 170, 176, 204, 231, 259, 287, 263, 225, 200, 183
352 REM    0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0,   0
353 REM    0,   0,   0,   0,   0,   3,  12,  20,  29,  41
354 REM   52,  73, 106, 135, 145, 174, 194, 183, 179, 170
355 REM  175, 198, 222, 209, 220, 177, 171, 186, 194, 189
356 REM  187, 190, 198, 201, 224, 257, 279, 278, 220, 196, 182
```

表2-2　入力データ

データの種類	データ源	備考
標高 土地用途 樹種 (斜面方位、傾斜角)	・国土地理院発行 1：25000地形図 ・林野庁発行： 森林基本図 ・リモートセンシングデータ	・斜面方位と傾斜角は標高データから計算
樹高 樹冠疎密度	・現地調査 ・航空写真	・樹高と樹冠疎密度から森林内部の風の場を計算する。
風向風速 降雨量	・気象官署 ・消防本部	・出火時および1時間毎の変化
消防活動位置	・消防本部	・防御線位置の時間変化

第3章　林野火災用立体地図の作成

3．1　はじめに

立体地図の定義は明確ではないが、この報告書では地形を立体視した地図を立体地図と呼ぶことにする。以前にはこれを立体視した地形図と呼んでいたものである。立体地図が利用されはじめたのはコンピュータが普及して数値地形モデルを使った地形表現が可能になったことによると思われる。現在、立体地図は地形景観評価1[1]、森林解析2[2]等に利用されはじめているが、今後は林野火災対策を含めてより広い分野に利用されるものと思われる。

立体地図は森林と地形、景観と地形、河川・道路と地形といった特定の因子と地形の関連を総合的にかつ端的に表現できる利点をもつ。この立体地図は林野火災対策等の種々の用途に利用できると推察されるため、ここで林野火災用立体地図の作成法と使用例を示した。なお、第2章で示したように地形図から標高の自動読み取りが可能になったことから立体地図の作成が飛躍的に簡便になってきた。

3．2　林野火災用立体地図

林野火災に及ぼす地形の影響は著しく大きい。平坦地の林野火災は主に風と可燃物の状態に影響されて拡大する。これに対して複雑地形周辺の林野火災は気象、林況のほかに地形にも影響され、複雑に拡大する。林野火災の延焼速度は直接斜面の影響を受けて変わり、また、地形の影響で生じた風（局地風）にも左右される。森林内の道路は険しい地形の中で谷や峰に沿って延びて、林野火災に対する地上の消火活動はこれらの道路を拠点として行われる。地形が険しい程、林野火災の消防活動は制限される。火災拡大及び林野火災防御活動がともに地形の影響を著しく受けるため、林野火災の最終の延焼範囲は地形に著しく依存したものとなる。林野火災と地形の関連を容易に把握する手段として立体地図の利用が考えられる。その用途として表3－1に示す立体地形図（道路、河川、集落分布、樹種分布）、立体防御図（延焼範囲、延焼動態、防御線位置、資機材配置）、立体危険度地図（出火危険、拡大危険）があり、立体地図に書き込む情報で名称が異なる。林野火災の出火・拡大は森林の地形、土地用途、樹種、林床植生等に依存し、また、消火活動は森林内の道路、水利、消防資機材の配置、建物位置等に影響される。

3．3　立体地図の作成

パソコンを使って立体地図を作成する方法３[3)~6)] として幾つか考案されている。ここでは比較的安価であることから白岩ら３[3)] が作成したプログラムを利用して立体地図を作成した。立体地図を作成するには初めに、国土地理院発行の１:25000の地図上の対象とする地域に格子線を作り、各格子点の標高データを読み取り、それを表２－１に示す書式でパソコンに打ち込んで作成するものである。立体地形図を作成する場合、対象地域の全域が分かるように視点を適当な位置に選ぶことが必要である。このプログラムでは、視点の方位と俯角、視点とモデルとの距離および地形の基準高度、立体地図全体の拡大率、高さ方向の拡大率等を任意に設定することができる。視点の方位は経験的に東西南北から30度ずれているとよい。また、視点の俯角は30度程度がよい。立体地図を作成するプログラムは原書[1)] を参照して頂きたい。

作成した標高データから立体地図の作成手順を第5章に示した。地形図から各格子点の標高を読み取る作業は手間がかかり、加えて、読み取ったデータをパソコンにうちこむ作業もかなりの作業量となる。第２章で示した方法を用いれば標高データの読み取りとパソコンへの入力は簡単に実行できる。

表３－２に示す大規模の林野火災について標高データを計算した上で立体地形図を作成し、それに焼損範囲を書き込んだ地図（立体焼損図）図３－１１(a)~(l)に示す。これらの図で黒丸は出火点を、太い実線で焼損範囲を、また、１メッシュの大きさをM（単位はメートル）で示した。この立体焼損図から火災現場の位置（山間部、海岸沿い、島しょ部）、起伏の度合い、出火点からの延焼方向など火災現場の周辺地形と延焼範囲を総合的に把握することができる。

林野火災が大規模化する要因は表３－３に示すように、発見の遅れ、通報の遅れ、現場到着の遅れ、複雑な地形、乾燥・強風、水利不足、資機材不足等の種々のものがあり、複雑地形もその一つの要因である。実際の火災ではこれらのうちのいくつかのものが重なりあうことにより火災が拡大する。火災を詳細に分析すると、拡大要因はそれぞれの火災によって異なり、また、同じ火災であっても場所によって異なる。図３－１(f)の火災のように出火場所が山間部の稜線であれば、火災発見までに長時間がかかり、火災現場への進入路の選定や火災確認さえも容易でない。この立体焼損図においては道路、河川を表示していないが、この焼損範囲は地形や道路位置に影響されて変化している。

3．4　立体防御活動地図

林野火災防御図[7] は、火災状況などを正確に把握し、防御戦術の決定及び効果的な部隊運用を図り、情報伝達を迅速に行う目的で、林野地域について地形、林況、道路、建物、消防水利、ヘリコプター離着陸用広場などの必要な情報を調査して記入し、あわせてメッシュ番号を付した図面である。立体地図をこの林野火災防御図の作成に、また、火災後の防御活動の記録（立体防御活動図）に際してそれぞれ立体林野火災防御図及び立体防御活動図として利用できる。立体地図を利用することにより地形環境と消防活動環境を対比して把握することが出来る。

ここでは表３－１に示す過去の大規模林野火災のうち２番目の静岡市小河内の林野火災（昭和63年２月４日発生）と３番目の神奈川県湯河原町の林野火災（昭和63年２月５日発生）について現地消防本部作成の資料をもとにして林野火災の拡大過程を紹介し、防御活動図への立体地図の利用例を示す。これらの火災は発生した日は１日ずれているものの、２月５日には２つの大規模の林野火災が同時に拡大していたものである。その日には関東地方において春一番とよばれる強風が吹いて火災を拡大させ、寒冷前線が通過する頃に雨が降り出し、この雨が火災鎮圧に役立った。春一番をもたらす気圧配置は林野火災の予防上特に注意すべきものである。この気圧配置のもとで数年あるいは十数年に一度は日本の各地において大規模林野火災が発生している。

3.4.1　静岡市小河内の山林で発生した林野火災[8]

・出火日時　　昭和63年２月４日13時52分
・鎮火日時　　昭和63年２月６日７時10分
・出火場所　　静岡市小河内字大玉沢642
・出火原因　　タバコの不始末
・焼損面積　　約50ヘクタール
・気象状況　　天気　晴、気温　8.3℃、湿度41％
　　　　　　　風向　北北東、風速 1.2m／s
（気象データは出火時における消防本部の観測値）

（ア）火災発生及び初期消火の状況

この林野火災の延焼動態図を図３－２に示す。森林所有者のＡ氏（50歳代）は朝から森

林の下草刈り作業を実施していた。午後もその作業を続け、小休止中にタバコを吸い、なにげなく近くに投げ捨てたタバコから出火したもである。再び作業にかかるときに火災を発見し、木の枝を使ってたたき消しを試みたが火災の拡大が速く、斜面の上方に拡大した。出火場所は集落から約2キロメートル以上も離れた山中であり、A氏は通報はせず引き続き斜面下方への延焼阻止を図った。

（イ）出火地点付近の地形

出火場所は静岡市街地から北方約40km離れた山中である。ここは明石山脈と身延山地の間に位置し、標高が 700～1800メートルに達する険しい場所である。出火場所は斜面中腹で、その下側には小河内川が流れて険しい谷を形成しており、近くの車道からは容易に接近出来ないところである。出火場所は標高850m程度の斜面中腹で、そこから標高1200mの稜線まで燃え上がり、一部は標高750mの小河内川まで燃え下がった。出火から約30分後付近の住民から小河内の山林で多量の煙が上がっているという通報が井川支所を通じて静岡市消防本部に入った。

（ウ）火災の拡大と消火活動

火災は折からの斜面を吹き上がる強風に煽られて人工林及び雑木林に燃え広がった。出火場所の近くには森林の内部に多量のほだ木（椎茸栽培用）があり、それを焼きながら拡大した。火災発見後、消防団員、署員、支所所員及び一般人が駆け付け、消火作業にかかった。主な消火活動としては小河内川まで斜面を燃え下がる火災をたたき消したり樹木を伐採して防火線を構築するものであった。火災現場は急峻な斜面で山林への進入路がなく、消火作業が捗らなかった。出火場所の近くに現地本部（団長、署長、副団長等）が出火後約2時間後に作られた。現地指揮本部では地形と気象条件から消火作業が困難と判断し、県を通じて自衛隊に空中消火の出動要請を行った。

第1日目は夕方になり暗くなったので警戒班を残して引き上げ、井川支所にて翌日の消火作業方針について検討した。その結果、2日目の早朝から空中消火を実施すべく、ヘリ基地の選定、薬剤手配等の種々の準備を進めた。

第2日目は早朝から突風が吹き、一旦弱まっていた火災が強まり、更に延焼拡大した。この頃、自衛隊の立川基地から3機のヘリが出動したが、途中の気象条件が悪く引き返した。

火災の一部は稜線にそって南方に拡大し、一部は稜線から燃えたままの可燃物が斜面を滑り落ちそこから別の方向に拡大し三次元的に燃え広がった。火災の南方1800メートル地

点には小河内集落があり、その集落への延焼が懸念された。このため集落の北方 500メートルの地点に樹木を伐採したり、枯れ葉を除去して緊急防火線を構築した。

その間、昼前から雨が少し降り始めて火勢は弱まったものの、まだいたる所で煙が立ち上がっていた。午後から雨が一段と強まり、集落の 700メートル地点まで火災が接近したものの集落への延焼危険はなくなった。この火災の現場について本方式により標高を読み取り、それを立体視した地形図に延焼範囲を表示したものを図3－3に示す。この図に示すように延焼範囲、道路、川、集落、現地指揮本部、林道を色を変えて表示した。道路、河川、集落等はマウス（計算機用の入力機器で筆に相当するもの）を使って書き加えたものであり、建物、樹木は部品として登録しておいたものを使用した。この図に日本語で自由に補足的な説明をつけ加えることができる。

3.4.2　神奈川県湯河原町の林野火災[9]

・出火日時	昭和63年2月5日9時55分
・鎮火日時	昭和63年2月5日19時00分
・出火場所	神奈川県足柄下郡湯河原町吉浜字黄金松
・出火原因	たき火の残り火の不始末
・焼損面積	201 ヘクタール
・気象状況	天気　晴、気温　12℃、湿度　37％
	風向　西、風速　10.7m／s

（強風波浪異常乾燥注意法発令中）

（ア）火災に至るまでの気象状況

昭和63年1月24日11時15分、県下全域に異常乾燥（海岸地域に強風波浪）注意報が発令され2月5日までの13日間まったく雨が降らず更新を繰り返していた。また、消防本部の気象観測結果によると、平均毛髪湿度は 37.23％と湿度が低下し火災の発生しやすい状態であった。

2月5日の出火当日は、太平洋側に1020mbの高気圧が、日本海に1000mbの低気圧があり、低気圧の東進に伴い当町は朝早くから春一番の西風の強風が吹きあれ、10時現在、西の風10m／s、瞬間風速22m／s（出火後の11時50分に瞬間最大風速26.2m/(s)を記録した。

（イ）延焼拡大状況

この火災の延焼動態図を図３－４に示す。湯河原町の林野火災の延焼範囲、道路等を表示したものを図３－５に示す。また、対象地域のうち図３－６で示す方向の断面図を図３－７に示す。この図からこの方向の焼け止まり状況を把握できる。以下、火災の拡大の様子を湯河原町消防本部で作成した資料から転載して示す。

「２月５日（金）９時55分頃、前日より放置された焚火の残火が、朝から吹きあれる西風にあおられ、谷間から小沢山頂に向かって吹く谷風により、みかん畑内の下草約１㎡に飛火し更に東隣にあるヒノキ陰樹林（樹齢30年高さ約８ｍ）の落葉下草に着火、地表火、一部は樹冠火となり次々に北及び東の方向へ延焼した。出火から26分後の10時21分頃には東側ヒノキ林、北側みかん畑を含む約2500㎡（50ｍ×50ｍ）にもおよび下草は炎をあげ林は濃白煙におおわれ、10時25分頃には急炎上し樹冠火となり強風にあおられ炎とともに黒煙をあげいっきに延焼拡大し、約 420ｍ東隣２番目の小沢雑木林中腹に10時33分頃飛火したのを始め、36分頃までに約 560ｍの範囲４～５ケ所に次々に着火し大量の白煙を伴い北側にもおよび大火災の様相を呈した。出火から59分経過した10時54分頃にはゴルフ場より下側（南東）の駐車場付近の下草に飛火して地表火となり、火勢は町道を突破する勢いであった。

62分経過した10時57分、火先は北東方向の湯河原カントリークラブ10番ホール及びクラブハウス屋根に飛火着火し、建物火災となった。

火点より東側の雑木林に飛火した火流は小沢の尾根を次々に飛火（10時54分頃、指令１、救助１が見分）を繰返し、火点から約 700ｍ離れた三本松、御座松付近まで到達（11時21分頃第一分隊長三木士長見分）し、地表火となり又一部は樹冠火となり更に東にのび、他方は南東側へと沢降り火となり緩慢であるが延焼し続け、三本松は15時30分頃、御座松は15時45分頃、出火点に一番近い菊沢は一時急炎上したが15時45分頃に放水及び降雨により鎮火した。

一方、南斜面に面するカントリークラブ10番ホール付近の火流は２方向に延焼、ひとつは13～18番ホールを11時33分頃、北に向かって延焼拡大し防風林および下草をなめつくし、地表火や樹冠火となって北斜面を南郷山頂に向け拡大し続け、他方は北東方面の美化センターより南西約 250ｍの、かや、雑木の斜面に11時43分すでに延焼中であった。そして11時50分、消防本部風速計が瞬間最大風速26.2ｍ／ｓを記録、山は西風が吹きあれていた。その後、12時00分美化センター付近一帯に延焼拡大し12時00分頃（推定）から12時10分頃

にこの地表火や雑木の火が飛火（芝原副士長見分）し、美化センター下側の沢、真鶴町字高山の檜育成林の落葉、下草に着火、下生火となり林の中は白煙でおおわれ北の沢通りに向け延焼していった。

南郷山方面は12時00分～12時56分頃まで美化センターおよび真鶴側防御中のため、部隊が転戦できず、延焼状況は不明であったが、13時03分最先着隊の湯河原１が転戦中、初めて見分したときはすでに茶畑は焼きつくされていた。ところが横浜市消防局航空隊が５日偵察飛行中に撮影した航空写真（提供）によると12時50～56分現在、出火から 175分経過の火先は南郷山寺屋敷小道地蔵跡の南西の尾根ずたいに火煙を伴い延焼していたが星ケ山公園ハイキングコースより北東の斜面及び茶畑は延焼していないことが判明した。従って南郷山尾根より北東側一帯の茶畑を含むカヤ、雑木は、12時50分から13時03分までの13分間に尾根から飛火およびゴルフコース17番ホールより延びた火流により延焼したことになる。更にこの火流は西からの強風にあおられ飛火を伴い、当町と真鶴町の境を突破し13時10分すぎ、南郷で活動中の本署第一分隊長（三木士長）により初めて見分され「星ケ山公園の北から北東の県育成林が延焼拡大中」との延焼報告が第一報であった。その後、この火勢は檜樹冠火火災となり北斜面を第１尾根に向け激烈を極め横約 100m高さ約30mに及び大炎上し急速に延焼拡大した。一方尾根稜線北東の小田原市側の延焼は、14時51分～15時00分の間、応援活動中の小田原市消防署の各隊に対し「小田原管内延焼危険あり」との報により、各隊へ小田原方向転戦下命した時点においては延焼はしていなかったが、本署小型動力ポンプ積載車分隊が偵察活動中の15時30分過ぎ、（15時10分頃と推定される。）市境で延焼を初めて見分した。

その後、出火から延々と燃えつづけた林野火災は15時00分から降り始めた恵の雨により、その火勢は徐々に衰え始め（防御戦をはった地域を除く）16時00分頃には、ほとんど全域（一部残火があった）が激しい降雨により自然鎮圧状態となり、19時00分ようやく鎮火した。」

３．５　立体危険度地図

林野火災の出火・拡大危険度は傾斜地の斜面方位、傾斜角、可燃物の種類、風速、相対湿度等に依存し、危険度は各地点で異なる。昭和57年から59年にかけて消防庁で行った出火危険度[10] を表３－４に示す。この表を用いて対象地域の出火危険度分布を求めることができる。出火危険度の計算は表３－４を参照して火災の発生時刻、相対湿度及び各地点

のデータ（風速、斜面方位、傾斜角、樹種、地被物の分布図）を数値に換算してそれらの総和で危険度を表す方法である。　例えば、10時～12時までのあいだの気象状況が相対湿度が20～40％のとき、ある地点のデータが風速　12m／s以上、傾斜角　40度以上の南斜面、樹種　森林以外、地被物　カヤ類の場合の出火危険度は

0.336+0.447+0.304+0.384+0.208+0.570+0.450=2.699
時刻 相対湿度 風速 傾斜度 斜面方位　樹種 地被物 出火危険度

2.699 となる。この計算を各地点について行い、立体地図に表示する。この出火危険度は、危険度の相対的な大小を表す。この計算を各メッシュについて計算するのは相当の作業量である。この作業を図３－８に示すように各種類の図面から標高、斜面方位、傾斜角、樹種、地被物の分布をディジタルデータとして読み取り、容易に立体出火危険度地図が作成できる。このようにして得られた立体出火危険度地図の例を図３－９（カラーグラビア）に示す。この図は危険度の大小を色で表したもので、出火危険度の大きい順にアカ（2.25～2.70）、ピンク(1.80～2.25）、キイロ(1.35～1.80）、ミドリ(0.90～1.35）、ミズイロ(0.45～0.90）、アオ（０～0.45）で示す。出火危険度の大きい部分は稜線に生育しているカヤの部分であり、出火危険度の小さい部分は若干低くなっている谷筋に集中していることがわかる。出火危険度の大小を棒グラフで示したものを図３－10に示す。カラー表示が出来ない場合の一つの危険度表示法である。

林野火災の拡大危険度については表３－５に示すカテゴリーウェイトを用いて立体拡大危険度地図を作成することができる。

３．６　まとめ

標高データを使って立地地図の作成と林野火災への利用法を示した。林野火災は地形、森林、気象などの多くの因子に影響されることから、それらの情報を正確に調査し、それらが火災に及ぼす効果を推定しておくことが必要である。立体地図は種々の因子と地形環境の関連を総合的に把握できる利点を持っており、実際の火災について延焼動態及び防御活動の詳細を林野火災用立体地図として作成することにより、地理不案内な関係者に対しても林野火災の実状を正確に伝えることが可能である。

また、実際の林野火災のうち、特徴ある火災については立体延焼動態図として記録し蓄

積することにより、火災が特に拡大しやすい地形環境あるいは人命危険の高い地形環境をその時の火災状況と関係づけて浮き彫りにすることができる。更に、林野火災に対する消防活動のあり方を再検討する際に立体地形情報資料集として利用することができると推測される。

参考文献

1）杉村敏郎・中総太郎、須藤勝輝：ランドサットTMデータ及び数値地形モデルを使った土地景観の立体画像：日本リモートセンシング学会　Vol.5,NO.4（1985）

2）菱沼勇之助：森林解析への立体地図の利用：北大演研報告、43巻２号（1986）

3）白岩隆巳、田中正央、藤森博美；実例パソコン立体地図、講談社サイエンティフィック

4）ミタスタジオ：３次元地形表示モデル-TOP-

5）東芝ケーエヌシステム:CONT3D

6）ASCII:３次元パーソナル CAD　ソフト「サーディ」

7）消防科学総合センター:林野火災防御図作成マニュアル（昭和60年３月）

8）静岡市消防本部：林野火災対策資料

9）湯河原町消防本部：林野火災対策資料

10）自治省消防庁：林野火災拡大危険区域予測調査（昭和59年度）
報告書：昭和60年３月

表3-1　林野火災用立体地図

立体地図の種類	情　報	内容の分類（例）
①立体地形図		
・立体林道図	森林の車道、林道	車道・林道の区別、幅員
・立体河川図	河川位置	河川の大小、橋
・立体集落分布図	集落、建物	建物の種類、個数、位置
・立体土地利用図	土地利用区分	森林、田畑、果樹園
・立体樹種分布図	樹種の分布	人工林、天然林、針葉樹
②立体防御地図		
・立体焼損図	焼損範囲	焼損範囲の大きさ
・立体延焼動態図	火災の延焼動態	延焼範囲の時間変化
・立体延焼動態予測図	予測した延焼動態	延焼範囲を予測したもの
・立体防御図	火災防御活動	防御地図、移動時間
・立体資機材配置図	資機材配置	資機材の種類、量
③立体危険度地図		
・立体出火危険度図	出火危険度	危険度の大小
・立体拡大危険度図	拡大危険度	危険度の大小

表3-2　分析した大規模の林野火災

番号	市町村	出火日時	鎮火日時	焼損面積(ha)	最大風速(m/s)	死者
1	岡山県日生町	昭和63年 1月31日11:14	昭和63年 2月 1日18:25	110.0	WNW 8	
2	静岡県静岡市	昭和63年 2月 4日13:20	昭和63年 2月 6日 7:10	47.9	NNE 1.2	
3	神奈川県[illegible]町	昭和63年 2月5日10:06	昭和63年 2月 5日19:00	201.	W 10.7	
4	島根県太田町	昭和63年 4月 4日10:50	昭和63年 4月 5日13:50	94.	N 3.0	
5	岡山県倉敷市	昭和63年 4月15日14:55	昭和63年 4月15日19:20	3.69	SW 4.0	2
6	岡山県北木島	昭和63年11月11日12:33	昭和63年11月13日15:10	79.	WNW 4.0	
7	埼玉県大滝村	昭和63年12月30日13:00	昭和64年 1月 7日14:55	34.8	NW 2.0	
8	群馬県桐生市	昭和62年 2月27日12:17	昭和62年 2月28日18:00	22.5	WNW 7.0	
9	長野県更埴市	昭和62年 4月21日 9:30	昭和62年 4月23日16:30	72.3	S 8.0	
10	長野県上田市	昭和62年 4月21日20:15	昭和62年 4月23日 9:20	178.04	S 6.0	
11	福島県鮫川村	昭和62年 4月24日14:35	昭和62年 4月25日 9:38	204.	NW 12.0	
12	長野県四賀村	昭和62年 5月 8日13:30	昭和62年 5月 9日17:00	130.		
13	福島県原町	昭和62年 5月 9日11:00	昭和62年 5月11日12:00	82.53	NE 3.0	
14	徳島県上勝町	昭和61年 1月25日23:00	昭和61年 1月28日15:00	120.	NW 3.5	
15	高知県中村市	昭和61年 4月 6日13:20	昭和61年 4月 7日19:37	160.	NW 5.0	
16	兵庫県相生市	昭和61年 4月 6日20:15	昭和61年 4月 9日10:24	108.	W 2.0	
17	兵庫県相生市(2)	昭和61年 4月 6日18:40	昭和61年 4月 7日18:37	17.7	W 4.0	
18	愛媛県土居町	昭和61年 8月28日15:00	昭和61年 9月 4日17:00	128.	SE 12.0	
19	愛媛県川之江市	昭和60年 2月 2日18:30	昭和60年 2月 5日10:00	391.	SSW 2.0	
20	広島県呉市	昭和60年11月13日14:30	昭和60年11月14日16:30	73.5	W 4.0	
21	香川県丸亀市	昭和60年12月21日14:45	昭和60年12月24日14:20	262.	E 2.8	
22	宮崎県延岡市	昭和59年 2月 7日15:20	昭和59年 2月11日15:00	84.0	W 3.6	
23	広島県宮島	昭和59年 3月11日10:00	昭和59年 3月14日18:10	348.	NW 5.0	
24	北海道生田原町	昭和59年 8月20日 9:00	昭和59年 8月23日 9:20	29.56	WSW 4.0	
25	岩手県滝沢村	昭和58年 4月27日10:00	昭和58年 4月28日15:00	474.19	S 8.0	
26	岩手県久慈市	昭和58年 4月27日12:05	昭和58年 4月29日15:30	1066.	W 10	
27	岩手県[illegible]村	昭和58年 4月27日12:28	昭和58年 4月29日 8:00	413.	WSW 6.3	
28	岩手県岩泉町	昭和58年 4月27日13:30	昭和58年 4月28日17:30	1626.	W 20.	
29	岩手県大槌町	昭和58年 4月27日15:23	昭和58年 4月28日11:00	110.9	SW 9.7	
30	徳島県鳴門市	昭和57年 9月 4日16:30	昭和57年 9月11日11:00	121.	N 3.2	
31	高知県室戸市	昭和55年 2月13日11:50	昭和55年 2月15日 8:00	250.	W 10.0	
32	岐阜県土岐市	昭和55年 5月12日12:50	昭和55年 5月12日23:55	100.	SE 4.3	
33	群馬県桐生市	昭和54年 3月29日 9:06	昭和54年 3月30日 7:01	23.26	SE 2.0	
34	広島県倉橋島	昭和54年 5月23日13:30	昭和54年 5月25日 9:30	420.	WSW 1.3	
35	岡山県玉野市	昭和53年 4月 9日12:15	昭和53年 4月10日17:55	212.	SW 5.5	
36	広島県江田島	昭和53年 6月 1日16:00	昭和53年 6月 3日12:56	994.	WSW 0.9	
37	徳島県板野町	昭和53年 8月27日13:30	昭和53年 8月31日 2:30	110.	E 1.6	
38	北九州市平尾台	昭和52年 3月25日11:30	昭和52年 3月25日17:04	175.0	WSW 4.0	4
39	岩手県宮古市	昭和51年 5月14日13:00	昭和51年 5月16日14:25	294.	WNW 4.6	
40	高知県室戸市	昭和46年 2月 9日11:50	昭和46年 2月10日 9:30	186.	WNW 16.	
41	広島県呉市	昭和46年 4月27日11:10	昭和46年 4月28日11:10	340.	ESE 5.8	18
42	京都市梅ケ畑	昭和36年 4月25日12:30	昭和36年 4月25日22:38	40.	NNW 7.8	4

表3-3　林野火災と地形環境

		延焼特性	拡大要因	消防活動内容	人間の行動	気象条件
出火場所		・山腹 ・山麓 ・山頂 ・尾根 ・谷筋		・予防広報 ・警戒パトロール	・農作業 ・行楽のための入山 ・土木工事 ・たき火 ・食事、休憩	・春一番 ・フェーン現象 ・突風発生
火災の拡大経過	火災初期	・斜面上の枯草に延焼 ・たき火から森林に飛火	・通報の遅れ ・火災発見の遅れ ・現場到着の遅れ			・相対湿度の低下 ・気温の上昇
	火災拡大期	・山間部に延焼 ・遠距離の飛火発生 ・樹冠火発生 ・集落に接近	・水利不足 ・資機材の不足 ・急峻な地形 ・夜間 ・飛火発生	・稜線にそって緊急防火線の構築 ・稜角へ予備注水 ・樹木伐採 ・枝草の刈り払い ・中継により森林内に予備放水 ・空中消火 ・人海戦術による消火		・風速の増大 ・風向変化
	火災終期	・再燃火災		・ジェットシューターによる残火処理 ・掘りおこしによる残火処理		・降雨 ・夕方の風のよわまり

表3-4　林野火災出火危険度

時刻(時)		カテゴリー	6～8	8～10	10～12	12～14	14～16	16～18	18～6		
		危険度	0.010	0.134	0.336	0.302	0.181	0.029	0.008		
相対湿度(%)		カテゴリー	0～20	20～40	40～60	60～80	80～100				
		危険度	0.383	0.447	0.142	0.024	0.004				
風速(m/秒)		カテゴリー	0～3	3～6	6～9	9～12	12～				
		危険度	0.079	0.198	0.205	0.214	0.304				
最大傾斜方向傾斜度(°)		カテゴリー	0～10	10～20	20～30	30～40	40～				
		危険度	0.208	0.075	0.134	0.199	0.384				
最大傾斜方向斜面方位		カテゴリー	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	平担
		危険度	0.035	0.069	0.101	0.094	0.208	0.163	0.115	0.059	0.156
発生点樹種		カテゴリー	スギ	ヒノキ	マツ	その他針	落葉広葉樹	森林以外			
		危険度	0.126	0.064	0.200	0.002	0.038	0.570			
地被物	森林	カテゴリー	ササ類	シダ類	カヤ類	広葉樹灌木	落枝・落葉	その他			
		危険度	0.057	0.183	0.287	0.060	0.391	0.022			
	無立木地	カテゴリー	ササ類	シダ類	カヤ類	広葉樹灌木	落枝・落葉	その他			
		危険度	0.052	0.135	0.450	0.076	0.226	0.061			

※　出火地点が森林内の場合，地被物は「森林」を用いる。
　　出火地点が森林外の場合，地被物は「無立木地」を用いる。

表3-5　林野火災拡大確率

要　因		カテゴリー	出現個数	カテゴリースコアー
相対湿度	1	60％未満	63	0.0132
	2	60％以上	26	0.0
風速	1	3 m/秒未満	43	−0.0255
	2	3 m/秒以上	46	0.0
最大面積樹種	1	スギ	22	−0.0097
	2	ヒノキ	8	−0.0039
	3	マツ	19	0.0113
	4	落葉広葉樹	17	0.0426
	5	森林以外	23	0.0
焼損範囲内の平均傾斜度	1	30°未満	66	0.0766
	2	30°以上	23	0.0
最大傾斜方向の斜面方位	1	N	16	−0.0215
	2	E	19	−0.0165
	3	S	24	0.0751
	4	W	16	−0.0081
	5	平坦	14	−0.0726
		重相関係数		0.604

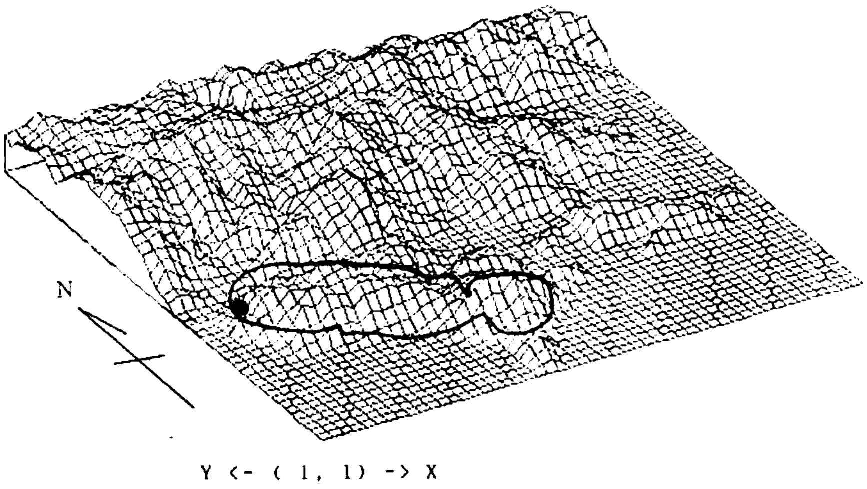


図3-1 (a)　立体焼損図（岡山県日生町、M=125 m, 番号 1 ）

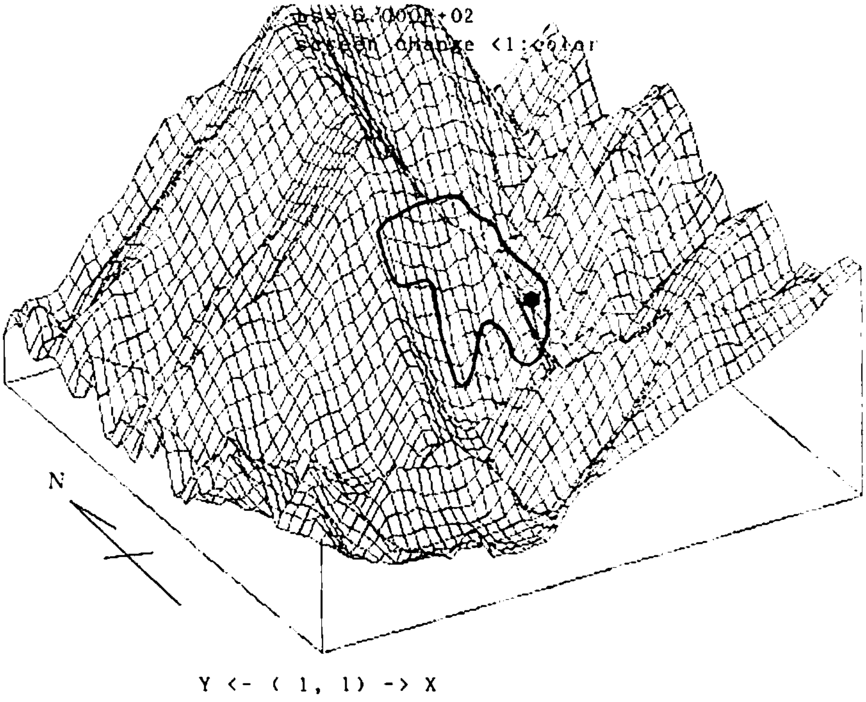


図3-1 (b)　立体焼損図（静岡県静岡市、M=68 m, 番号 2 ）

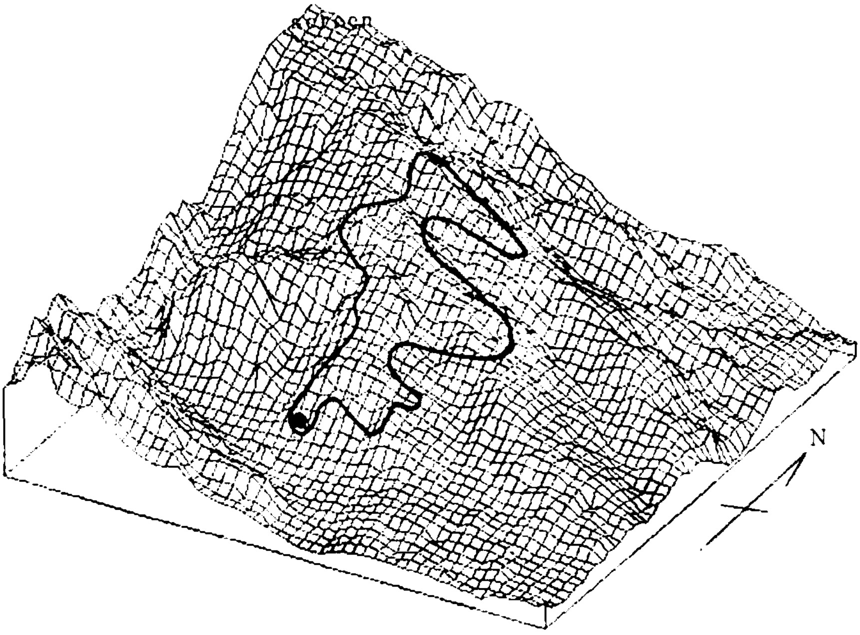


図3-1 (c)　立体焼損図（神奈川県湯河原町、M=100 m, 番号 3 ）

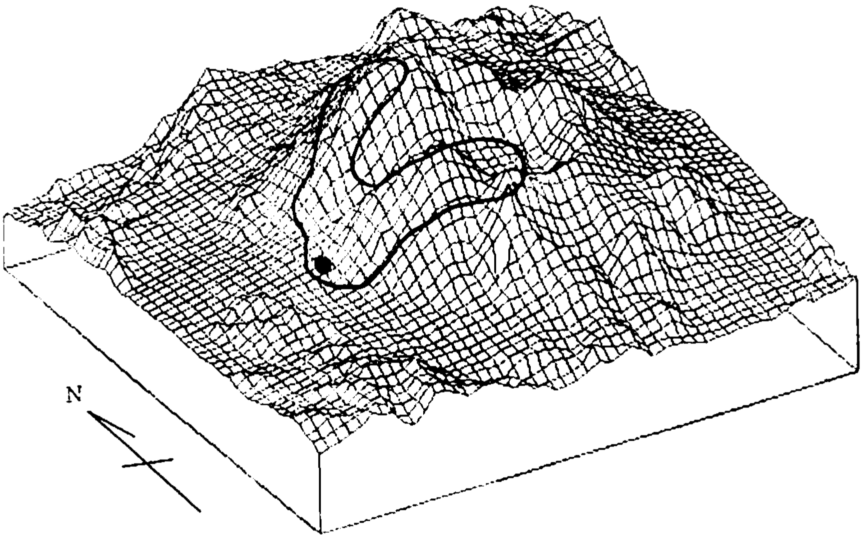


図3-1 (d)　立体焼損図（島根県太田町、M=100 m, 番号 4 ）

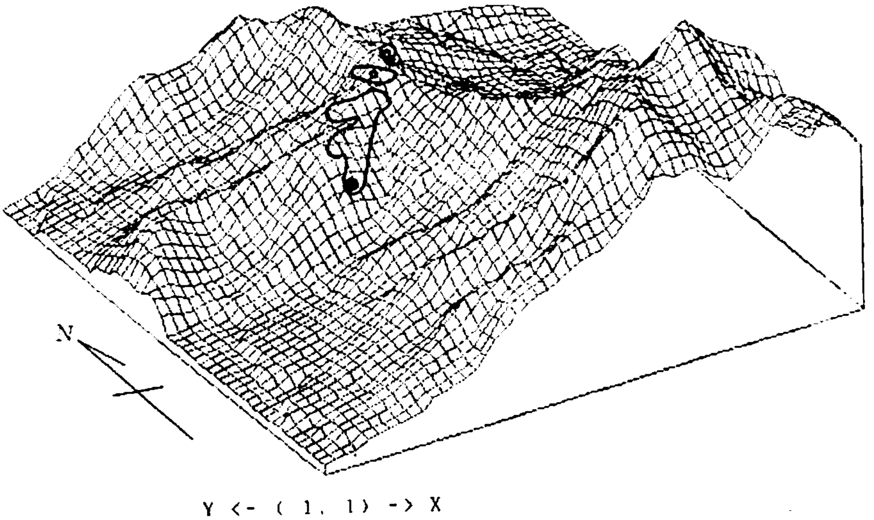


図3-1 (e) 立体焼損図（岡山県倉敷市、M=20 m, 番号 5 ）

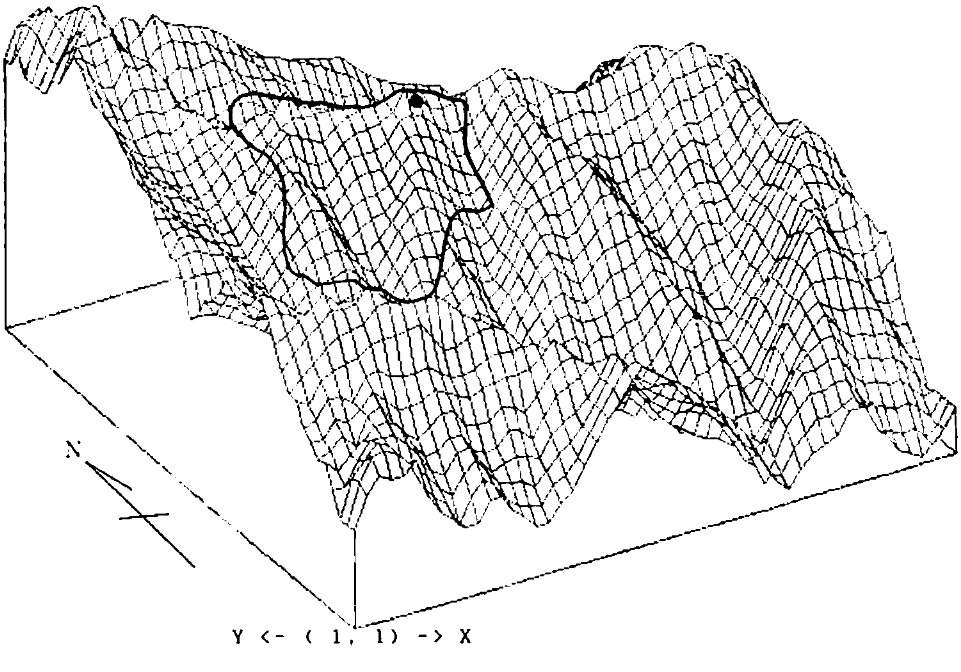


図3-1 (f) 立体焼損図（埼玉県大滝村、M=38 m , 番号 7 ）

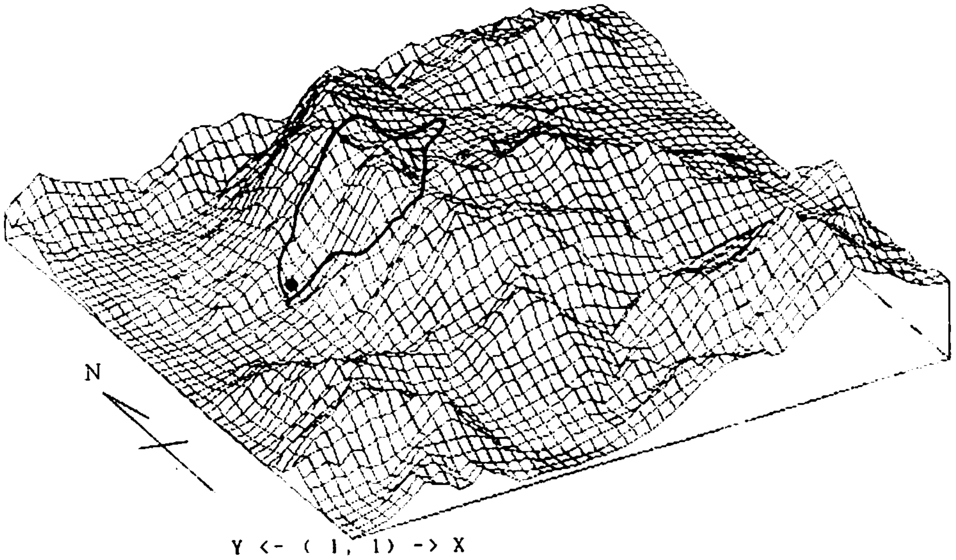


図3-1 (g) 立体焼損図（広島県呉市、M=71 m, 番号 20 ）

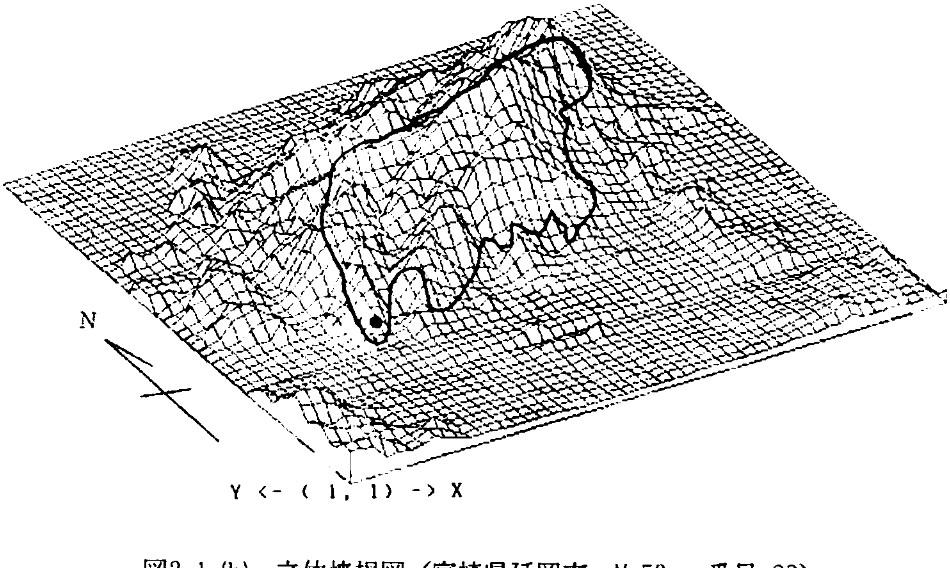


図3-1 (h) 立体焼損図（宮崎県延岡市、M=50 m, 番号 22)

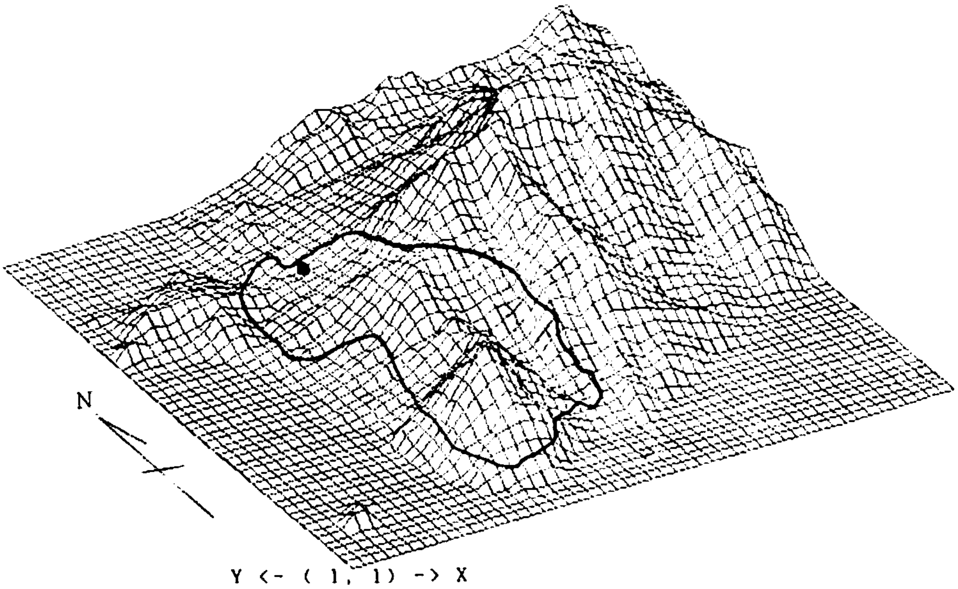


図3-1 (i) 立体焼損図 (広島県宮島、M=70 m, 番号 23)

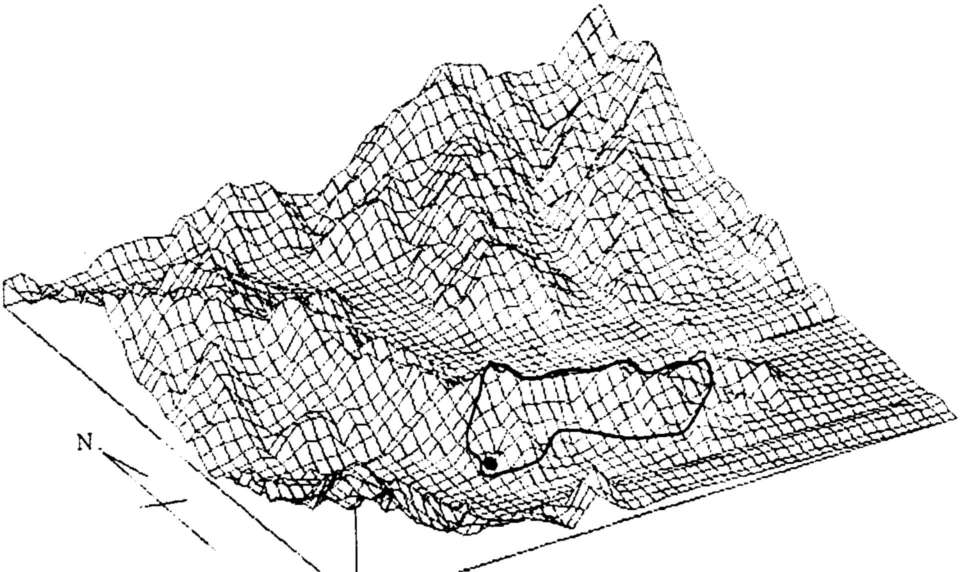


図3-1 (j) 立体焼損図 (岩手県大槌町、M=72 m , 番号 29)

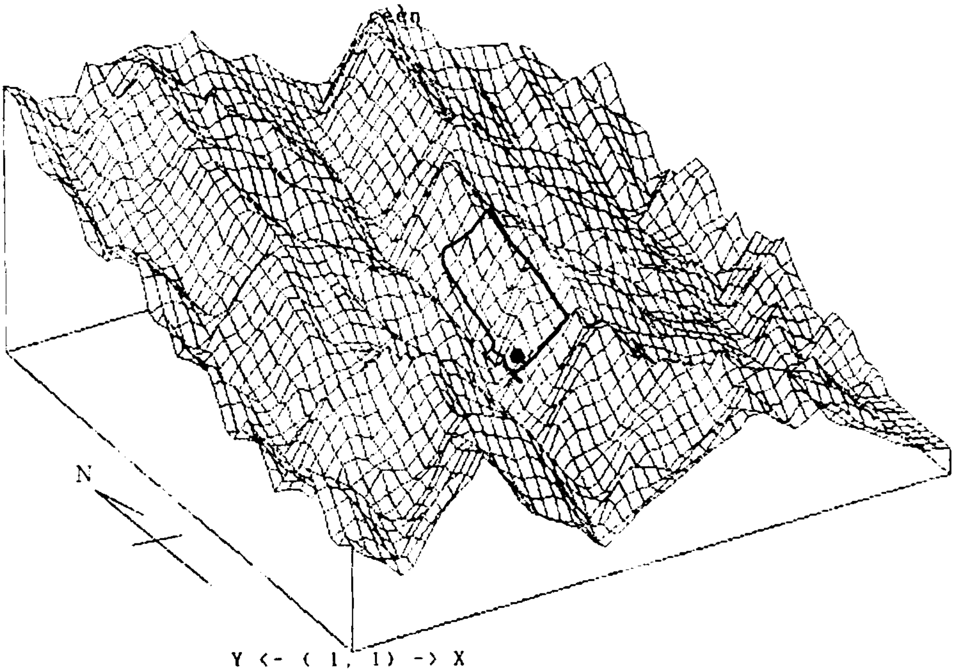


図3-1 (k) 立体焼損図（群馬県桐生市、M=70 m, 番号33 ）

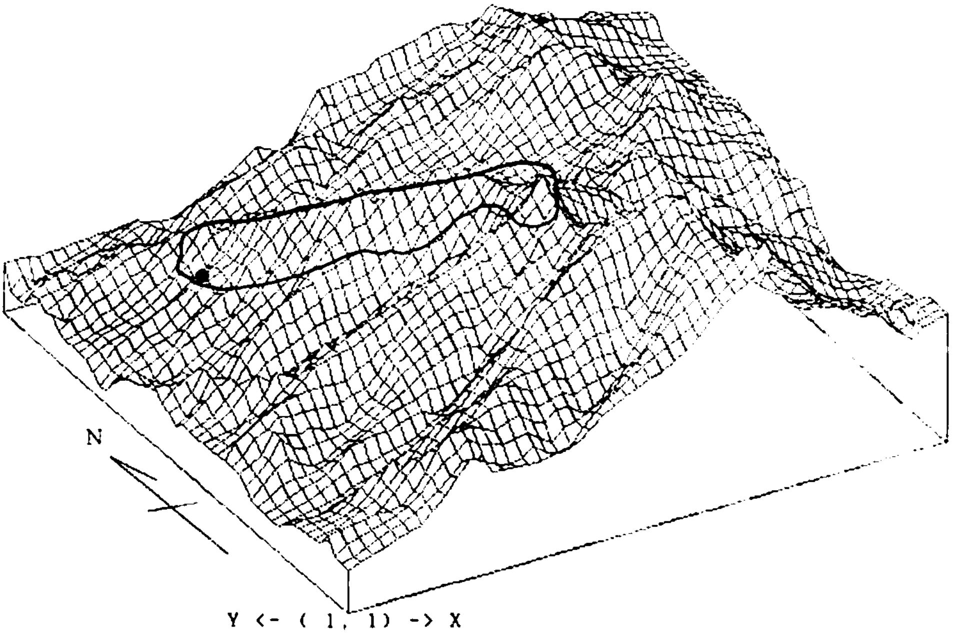


図3-1 (l) 立体焼損図（岩手県宮古市、M=60 m, 番号 39 ）

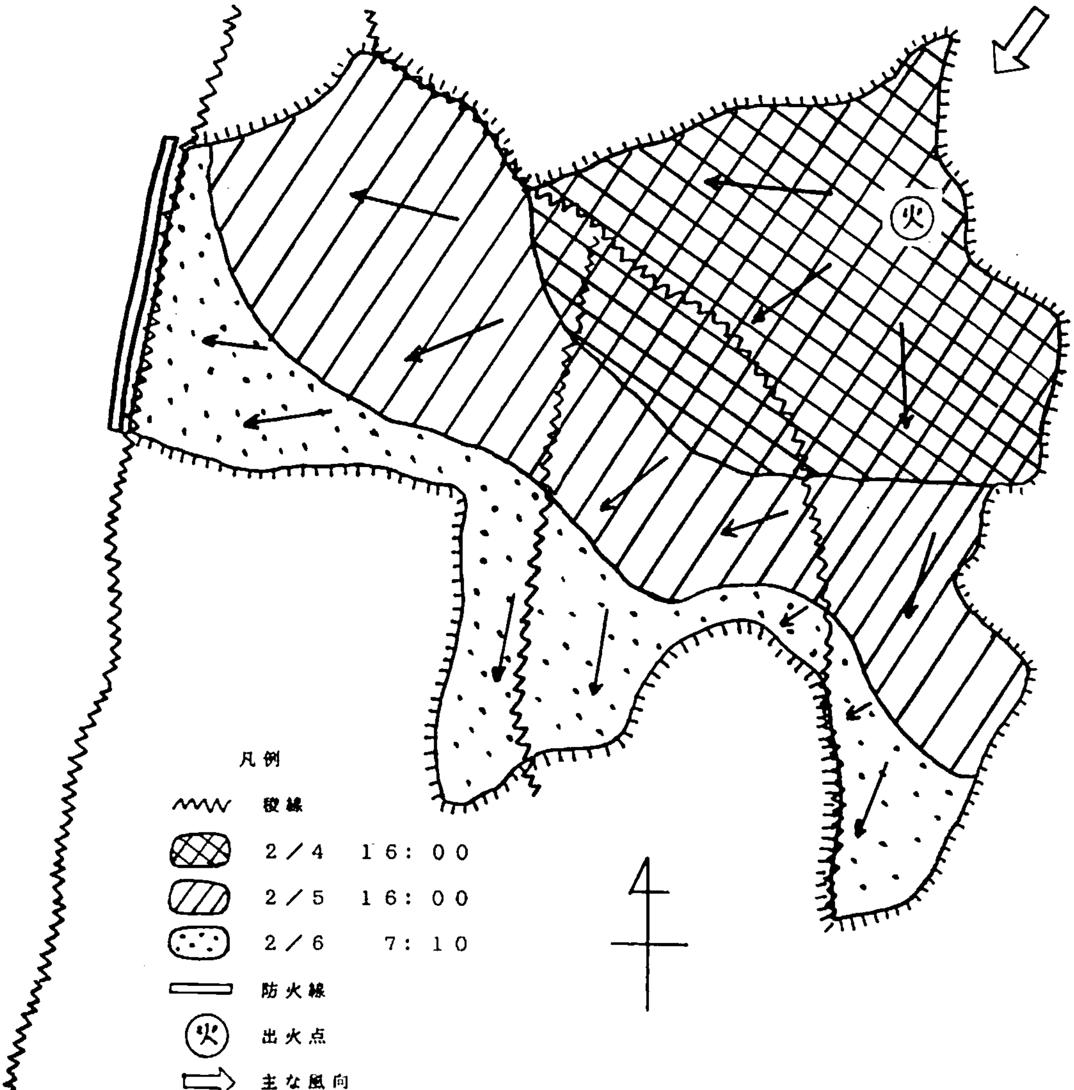


図3-2　延焼動態図（静岡市小河内の林野火災）

出火日時　昭和６３年２月４日１３時２０分

鎮火日時　昭和６３年２月６日　７時１０分

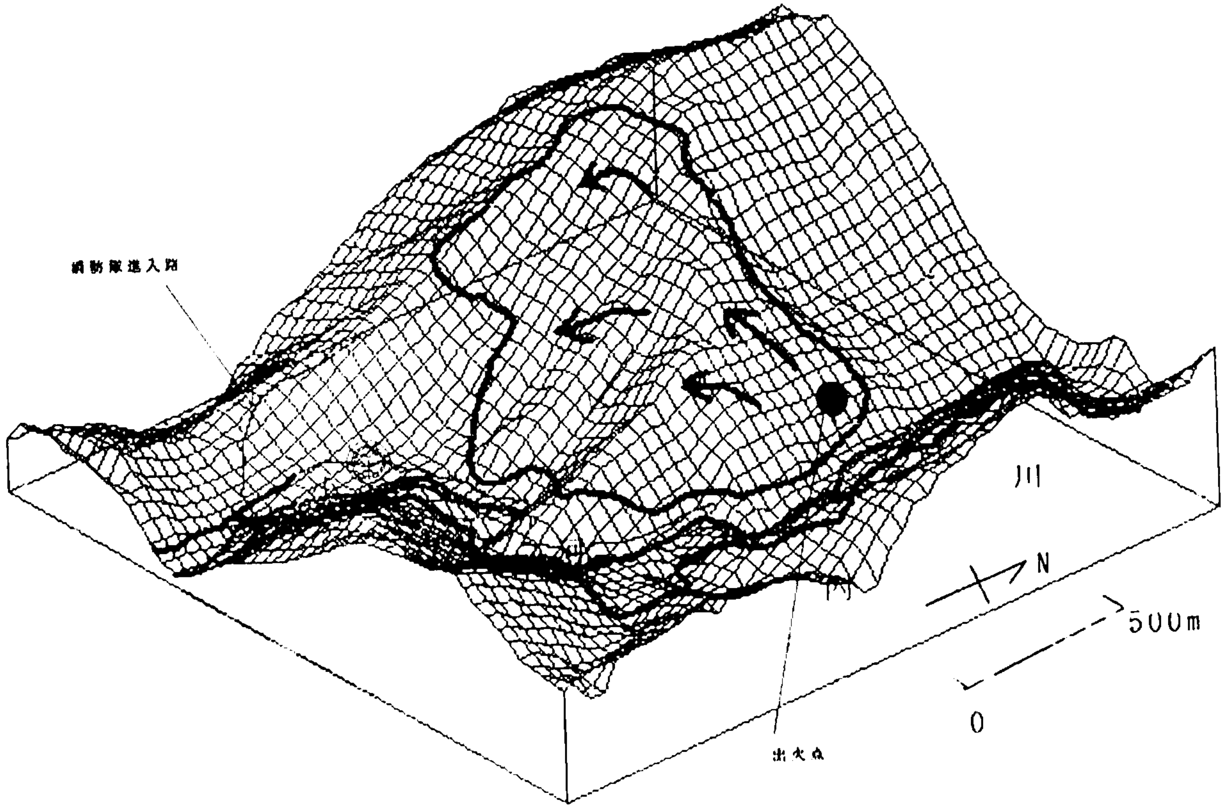


図3-3　立体防御活動地図（静岡市小河内の林野火災）

カラーグラビア３を参照

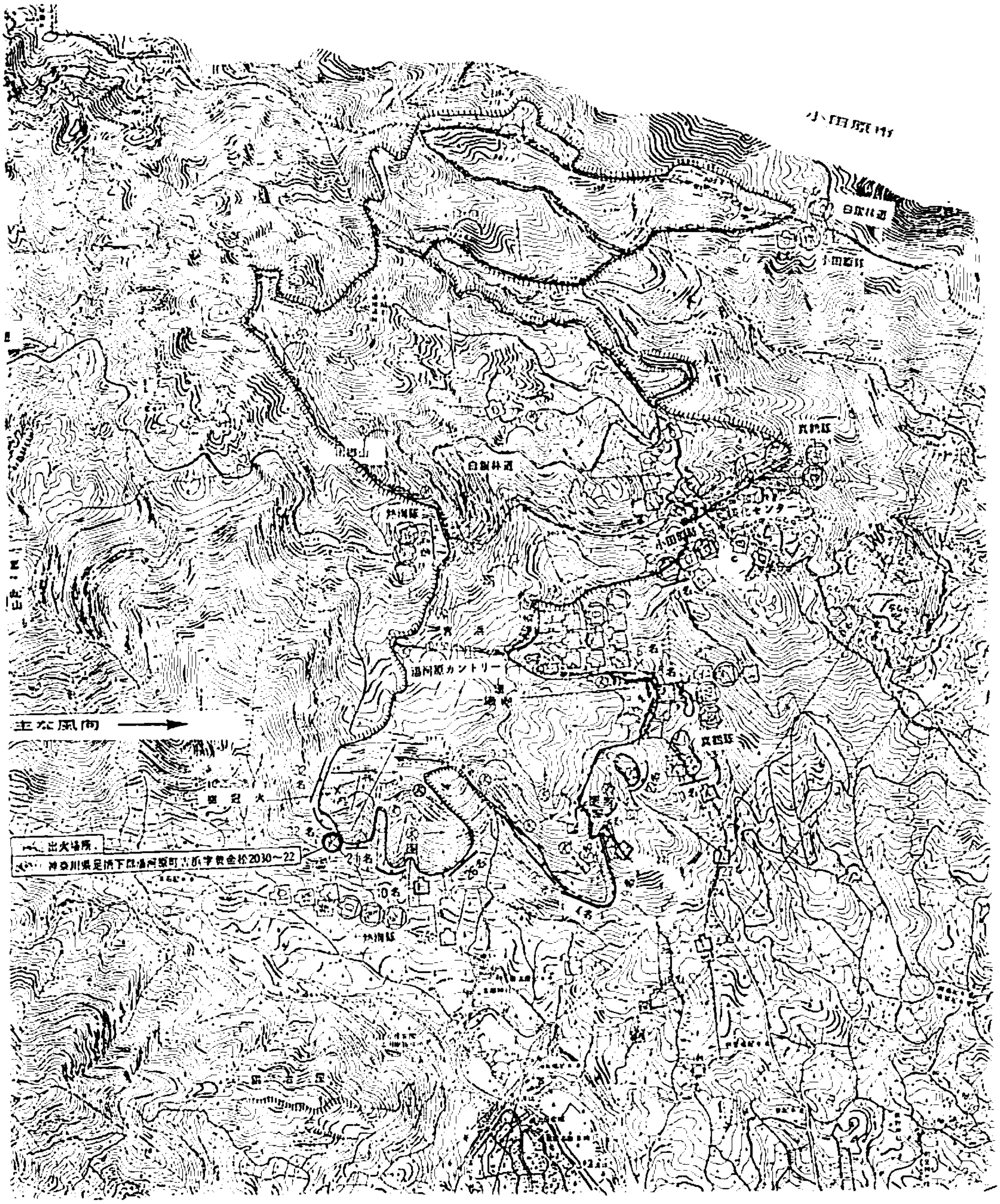


図3-4　延焼動態図（神奈川県湯河原町の林野火災）

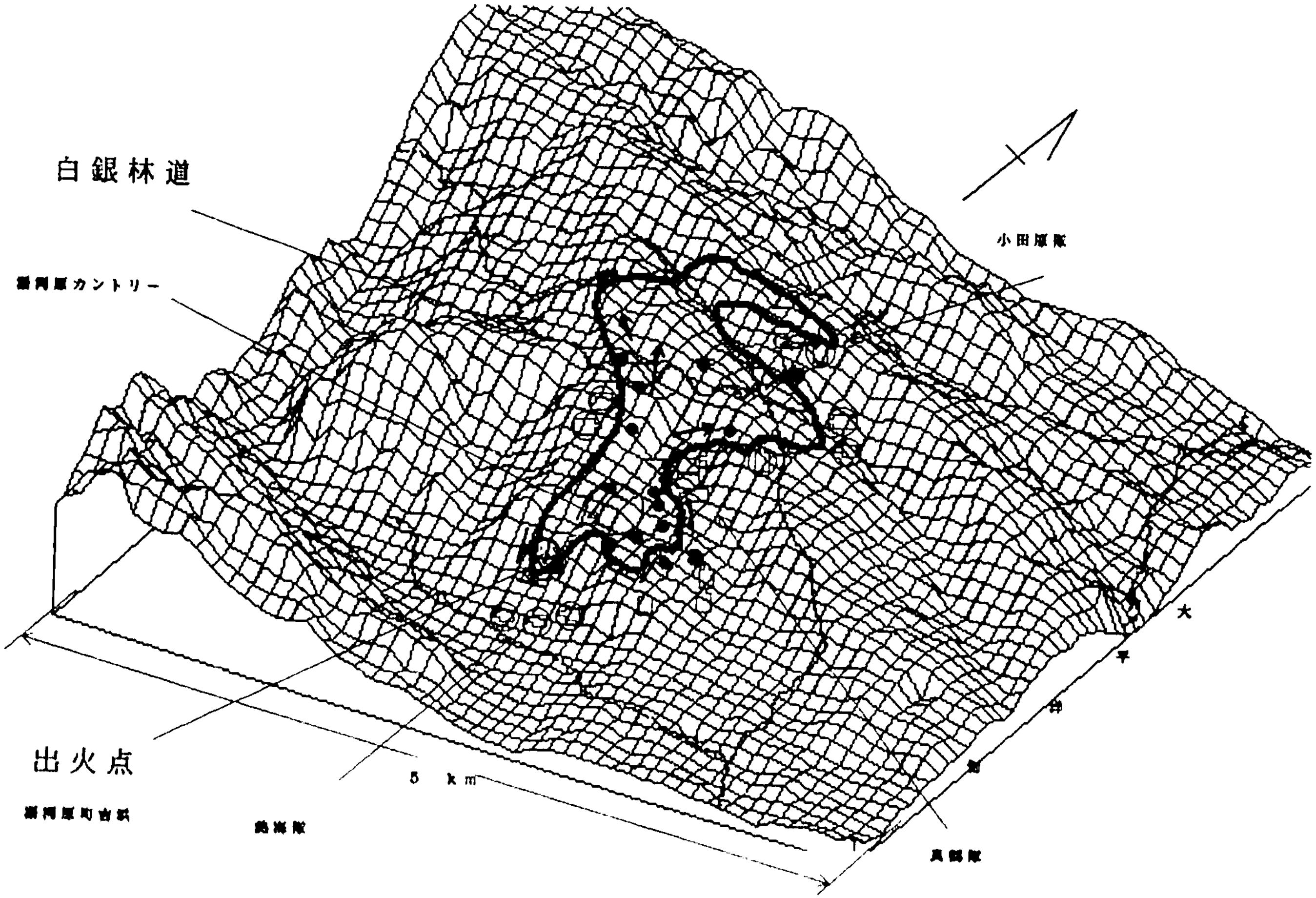


図3-5　立体防御地図（神奈川県湯河原町）

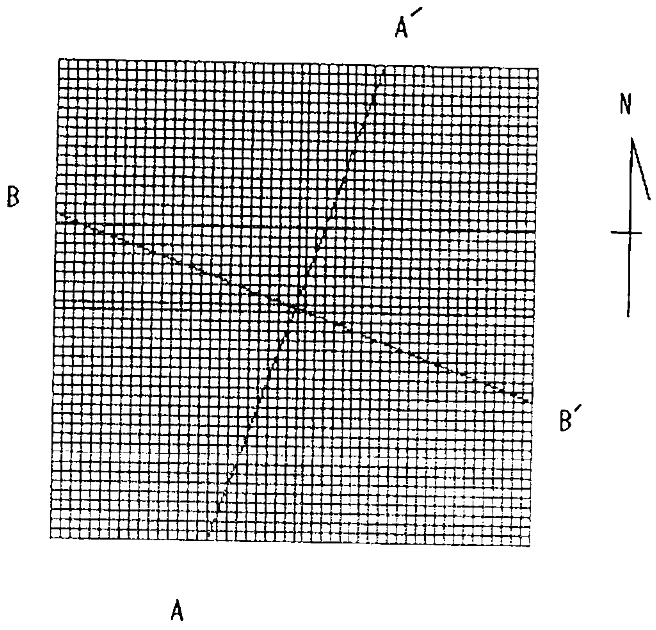
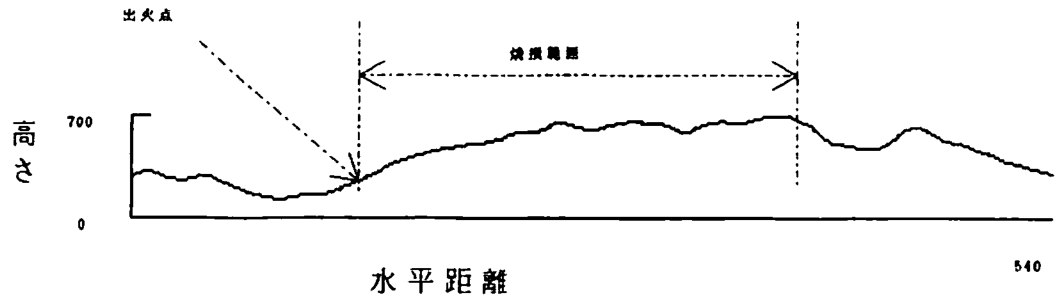
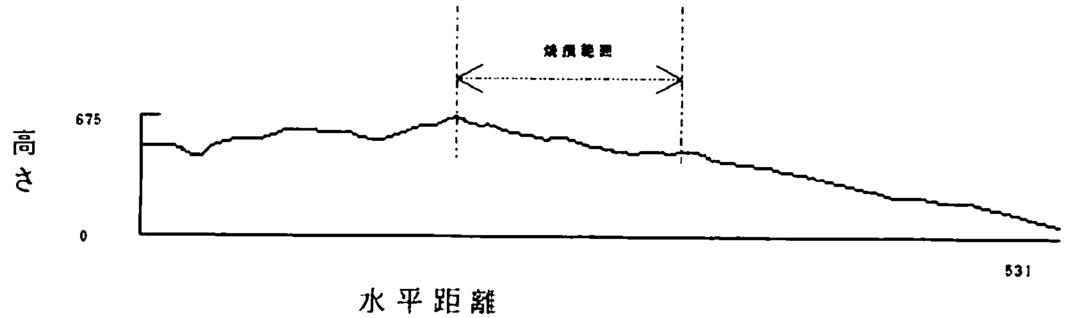


図3-6　断面図作成位置(神奈川県湯河原町)



断面 A—A′



断面 B-B′

図3-7 焼損区域の断面図(神奈川県湯河原町)

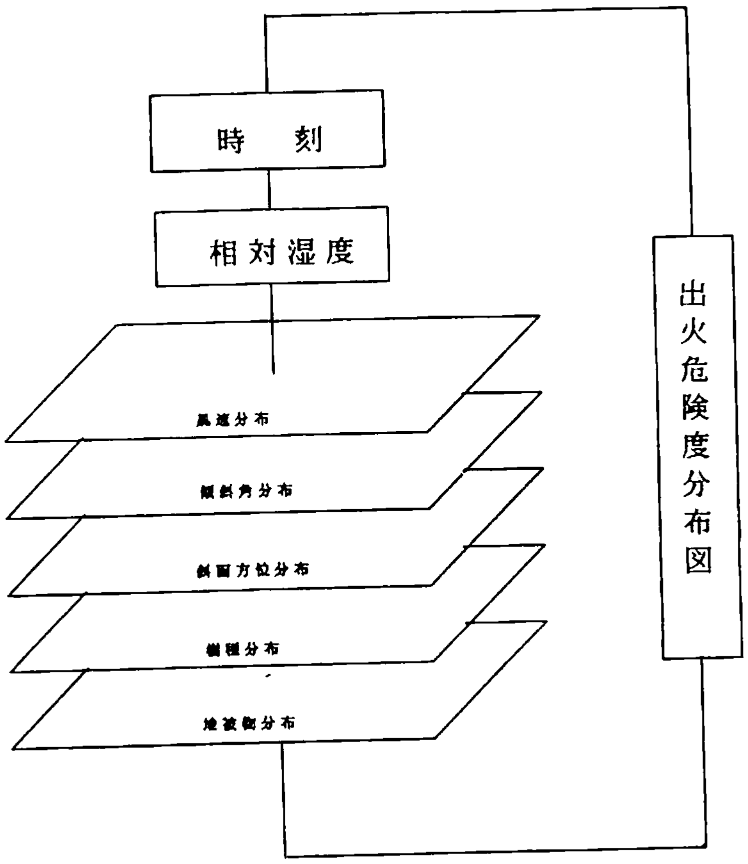


図3-8　立体出火危険度分布図

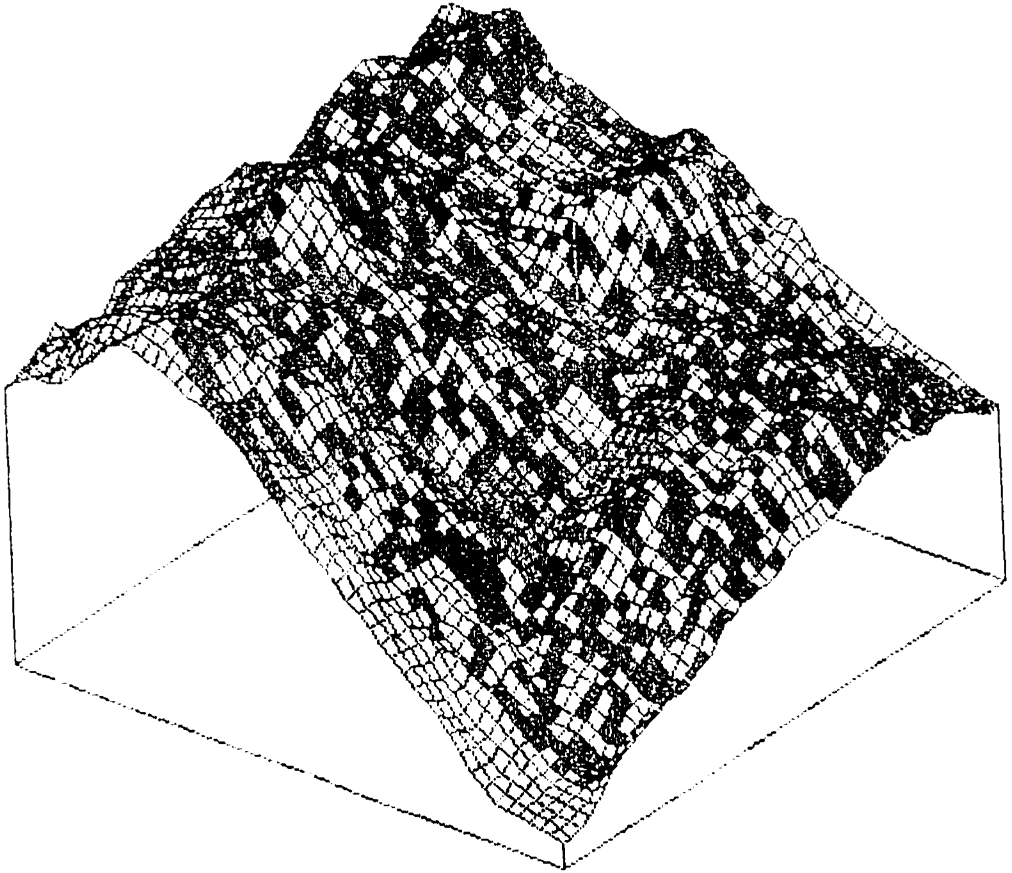


図3-9　林野火災出火危険度（九州の一地区）

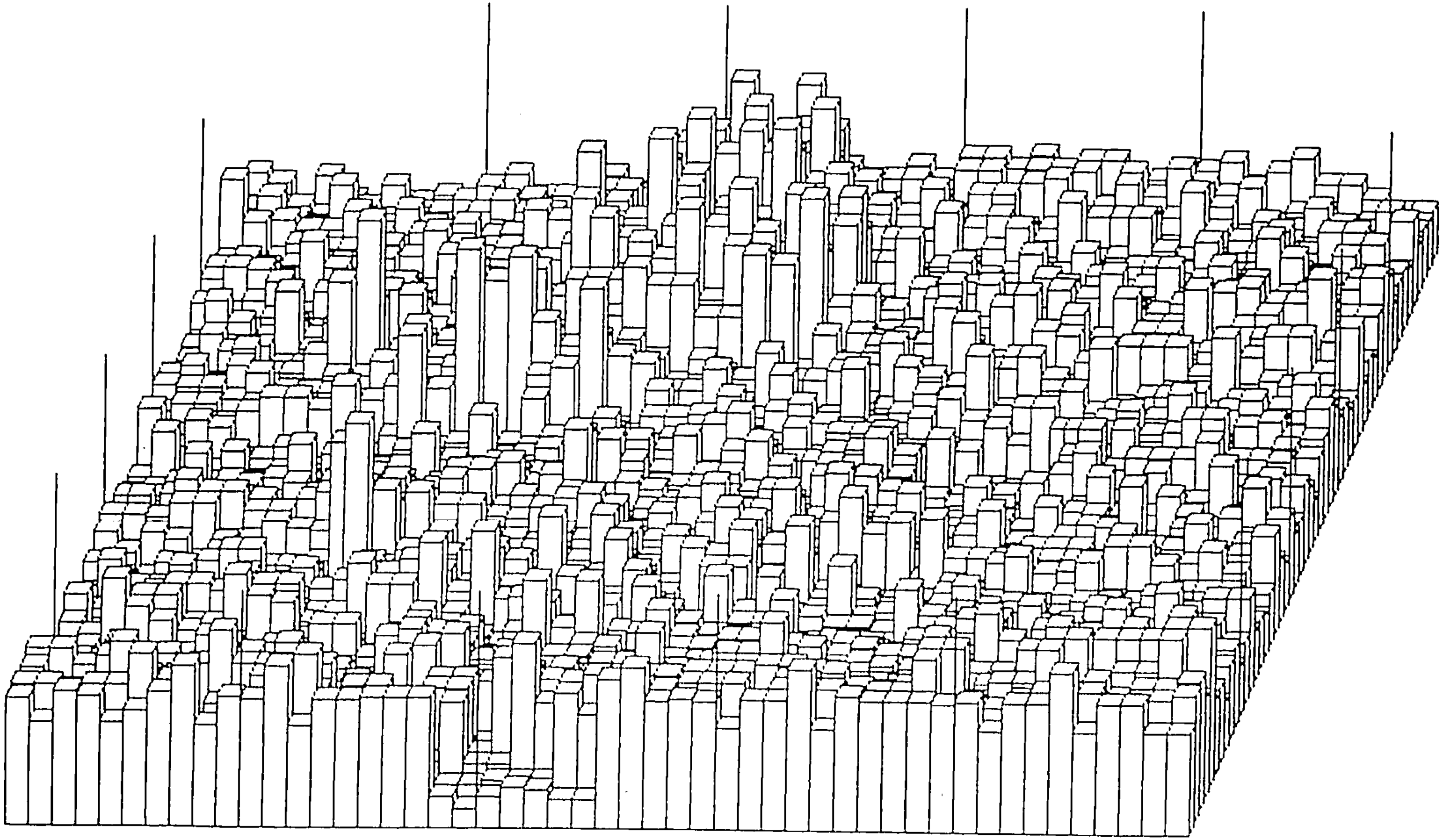


図3-10　林野火災の出火危険度の分布

（カラー表示ができないときのため図3-9を棒グラフで表したもの）

第4章　林野火災の拡大予測

4．1　はじめに

コンピュータの普及に伴って多量のデータ処理が可能となり、林野火災の拡大予測が身近にあるパソコンで行うことができるようになってきた。この拡大予測の普及を図るには、拡大モデルの予測精度を高めながら目的にそって利用しやすい諸条件を整備する必要がある。第2章で示した各種データの自動読み取りと自動入力法の構築はこの条件整備に資するものである。また、昭和59年に消防庁で作成した林野火災の拡大予測モデルを基本にして、複雑地形周辺の風の場を推定し、その風のもとに火災が拡大するものと仮定してその予測モデルに局地風を組込み、予測モデルの改良をはかった。更に、林野火災の拡大予測結果と地形の関連を読み取り易くする立体延焼動態予測図を作成する簡便な方法を構築した。

4．2　既往の延焼予測モデルの特徴

米国やカナダでは日本と比較して林野火災が多く、林野火災に関する研究が活発に行われている。米国では森林・原野を13種に大分類して、それぞれに対して延焼速度式を設定して林野火災の拡大予測[1)~3)]を行っている。日本では消防庁が作成した拡大予測モデル[1)]がある。この予測モデルは過去の林野火災を分析して得た関係式を使って作成したもので、この拡大予測モデルは日本では最初のものである。複雑地形周辺で発生した林野火災は地形の影響を受けるため、主延焼方向は風の方向とずれて延焼する。このため、このモデルでは、はじめに主延焼方向を計算して、その方向の延焼速度と風及び斜面傾斜角の関係式を、次いで、主延焼方向と逆の方向（裏延焼方向）および主延焼方向と直角方向についても延焼速度式を求めて任意時間の延焼範囲を予測するものである。この拡大予測モデルの概要は表4－1に示すとおりである。山地の風向風速は変化しやすいことを考慮して1時間ごとにキーボードから風向風速を与え、また、飛火については、出火してから一定時間後毎に飛火の発生した場所をキーボードから与える方式を採用している。火災はこの飛火地点からも拡大し、最初の林野火災と合流し拡大する。

この拡大予測モデルは幾つかの林野火災に対して検証が行われ、かなり感度がいいこと

が確かめられた。筆者らは、この拡大モデルをさらに多くの実火災の延焼動態図と比較してこの拡大予測モデルの特徴を把握した。その結果、延焼予測を行う場合に以下の特徴があることが確認された。

(1)実際の林野火災では空き地、道路、稜線等で焼け止まる例があるのに対し、この拡大予測モデルでは道路、空き地、稜線をこえて拡大する。

(2)地形の険しい場所で、風向と斜面方向（斜面が高くなる方向）が大きくズレる場合には延焼しない。

(3)延焼速度が著しく大きい林野火災については予測結果は実際の結果と一致しない。

(4)飛火が発生した林野火災については正確な予測が困難である。

(1)は、技術的に解決できる問題であり、海水域、湖水域、河川、道路、グランド、ガケ崩れ箇所、空き地等の位置では可燃物がないことにして延焼を停止させればよい。また、消火活動により稜線あるいは道路沿いでは延焼阻止がおこなわれるため、この箇所でも可燃物がないことにして取り扱えばよい。可燃物がない場所あるいは消火活動による延焼阻止が期待出来る部分については事前に調査して、後で述べる可燃物延焼速度比の値を0にすることで火災の延焼停止をシミュレートすることができる。この場合、防御線位置のデータは、風向風速の時間変化と同じように火災拡大に対応させて時間ごとの消防隊の位置データを作成することが必要である。

(2)は、この拡大予測モデルの設定条件に関係しており、1サイクルの計算時間（ΔT：風向風速は一定時間毎に変化するもと仮定して演算処理をしており、その最小の時間単位である。多くの場合に1時間とした）内に1メッシュの幅（ΔM）以上拡大しない場合（$\Delta T \times V \leqq \Delta M$）にはその時間内に延焼した部分が切り捨てられることによる。但し、Vは延焼速度である。これは斜面を風が吹き降ろす場合のように、風ベクトルと地形ベクトルの方向が大きくずれている時に主延焼方向の延焼速度が小さくなり、いずれの方向にも延焼しないこともある。この問題はメッシュ幅を小さくしたり、1サイクルの計算時間を長くすることで解決できる。

(3)は、主延焼方向の大きさに関係するもので、調査した林野火災の延焼速度は乾燥・強風下で約400～600m／hrのものが多い。しかし、一部の林野火災の延焼速度は3000～5000m／hrにも達する。この違いは、地形条件、可燃物条件、気象条件に関係し、斜面の燃え上がりと燃え下がり、森林可燃物の分布状況、飛火の発生状況（個数、飛火距離）、山間部

の局地風の発生等に依存するものでそれらを拡大予測モデルに取り込むことが望まれる。

(4)は、飛火がいつ、どの場所に発生するかを予測することが困難なためであり、新しい拡大予測モデルに地形、森林可燃物の分布等を考慮した飛火延焼を組み込むことが望まれる。

4．3 林野火災の延焼速度

無風下で乾燥した落葉を平坦地で燃焼させると延焼速度[5]は18～30m／h程度であるが、傾斜地で強風が吹き上がれば延焼速度は1000m／h以上にも達する。斜面は延焼を速める働きと遅くさせる両方の働きをもつ。 林野火災の延焼速度は図4－1に示すように風、地形、可燃物によって変化し、森林の状態（高木、低木の種類、高木の樹高、樹冠疎密度、地表可燃物）と林床可燃物の状態（可燃物の種類、堆積密度、含水率、各種可燃物の混在割合、下草の高さ）に依存する。

林野火災の拡大について地表延焼のみを対象とする場合には森林内部の風速と林床可燃物の状態に左右される。この林床可燃物の状態は可燃物の種類、含水率は場所と時間で異なる。ここでは、乾燥している落葉（含水率が10～15%の広葉樹の落葉）を林床可燃物の標準可燃物（状態）と考え、その標準可燃物（状態）の延焼速度と風速及び傾斜角の関係を求め、可燃物の種類（状態）が変化した場合には一定の割合だけ、延焼速度が変化すると仮定して拡大予測モデルを作成した。

4．3．1 落葉（広葉樹）の延焼速度

火災実験で得られた延焼速度と風速の関係式を一部拡大解釈して標準可燃物（状態）の延焼速度式として利用した。この火災実験[5]は、模型斜面上に落葉（広葉樹のもの）を置いて燃やし、風と斜面が複合して延焼を速める場合の斜面燃え上がりの延焼速度と斜面上平均風速及び傾斜角の関係を調べたものである。斜面上を風に煽られて燃え上る場合の主延焼方向の延焼速度V_1（m／分）を平均風速（斜面上20cmの高さの値）U（m／秒）の関数として表した。

$$V_1 = \{A \times U \times \cos(\theta_1 - \theta_2) + B\} \times S$$

この式は延焼速度を風速の一次式として表したもので、係数AとBは以下に示す斜面の傾斜($\tan\theta$) の関数である。

$$A=2.00\tan^2\theta+2.16\tan\theta+1.24$$

$$B=7.12\tan^2\theta+1.44\tan\theta+0.25$$

また、上式で、Sは標準可燃物に対する延焼速度の割合である。この係数は消防庁作成の拡大予測モデルでは樹林別の重みと呼んでいたものである。この報告書ではSを可燃物延焼速度比とよび、可燃物の種類と含水率によって異なるものと仮定した。消火活動の内容は、可燃物の除去、予備注水あるいは火災を直接消火する作業である。拡大予測モデルでは、火災に及ぼす消火活動の効果を近似的に可燃物の除去あるいは含水率の増大に置き換えた。十分な消防力がある箇所ではこの可燃物延焼速度比を0とすることで消火活動による延焼阻止効果をシミュレートできる。

可燃物延焼速度比は表4－2に示すとおり、土地利用区分あるいは樹種で異なる。可燃物が全くない場所では可燃物延焼速度は0で、標準の可燃物に近いものがあれば1とする。風速比は樹高及び樹冠疎密度で異なり、これらは樹木の種類と樹齢、枝葉密度及び立木密度に依存する。

風上側及び風横側の延焼速度も風速と傾斜角の関数である。しかし、これらの方向では火炎からの輻射加熱及び対流加熱の影響が小さく、延焼速度の風速と傾斜に対する依存性が弱まる。風速が6m／s以下の実験から裏方向（主延焼方向と反対方向）とそれと直角方向の延焼速度V_2、V_3はほぼ一定であったたことから主延焼方向と反対方向、主延焼方向と直角方向の延焼速度を以下の式で近似した。

$$V_2=0.4\times S$$

$$V_3=0.6\times S$$

各方向の延焼速度（V_1、V_2、V_3)から任意の方向の延焼速度を求めることができる。

4．3．2　森林内部の風

林野火災は、火災現場付近のしかも地表面に近い地点の風に左右される。複雑地形周辺から発生した火災は、地形の影響で生じた局地風の影響を受ける。この局地風は斜面上の位置あるいは地上の高度で異なる。多数の樹木が燃えて一つの巨大な火炎が形成される樹冠火では、火災は森林の上層風に左右される。一方、林床可燃物だけが燃える地表延焼（地表火）では火災は森林内部の風に左右される。地表延焼の延焼性状を予測するためには、起伏のある場所の森林内部の風のデータが必要であり、昭和58年に気象庁気象研究所において放射性物質の拡散を予測するときに開発されたプログラムを用いて複雑地形周辺の風の場を予測した。この手法は変分法を用いるもので、計算の精度向上と計算時間の短縮のため、スタガー格子の採用、鉛直方向のインプリシット解法、水平方向の２次元配列を１次元表示に並び変えることによる電算機のアレイプロセッサの有効利用、米国標準大気を仮定した空気密度の導入等の種々の工夫がなされている。

上の方法で求められた風の場は森林上空の風を対象としたものである。森林内部の風は樹木の影響により相当弱められている。F.A.Albiniらは森林内部の地表面付近の風速は一定と仮定して次式で森林内部の風速を推定した。[7][8]

$$U_1／U_2=0.555／\{\sqrt{3fL}*\ln\{(20+1.08L)／0.39L\}$$

この式でU_1は森林内部の風速、U_2は森林上層の風速、Lは樹木の高さ(m)、ｆは風に対する森林の抵抗の総体を示すパラメータであり、それは森林の樹冠体積密度に関係し、表４－３に示す値をもつ。$U_1／U_2$の値は図４－２に示すように樹高と樹冠体積密度に依存する。

この方式を用いて神奈川県湯河原町の林野火災の現場について風の場を計算したものを図４－３(a)、(b)に示す。(a)は10m／ｓの西風が吹いた場合、(b)は10m／ｓの南風が吹いた場合の地表付近の風の分布である。但し、森林内の樹木の高は８ｍとし、荒れ地の草丈は0.5 ｍとして計算した。強い風が吹く場所（カラー図面でミドリとピンクで示した部分）は地形と森林に関係し、概して海抜高度の高い場所（孤立峰と稜線付近）にある無立木地（立木のない場所）である。一方、風が弱い所は窪地や二つの稜線に挟まれた谷筋にある密林である。しかし、稜線に並行して風が吹く場合には谷筋であっても風上側に高い箇所

がないため比較的強い風が吹く。このように強風の発生地点は複雑で風向、地形及び森林にも依存する。

図4－4(a)、(b)はそれぞれ森林上空を10m／sの西風と南風が吹く場合について地表付近の風速が5m／s以上になる地点を○印を付して示したものである。孤立峰付近では風向に関係しないで強い風が吹くが、谷筋では風向により強風範囲が相当異なってくる。気象研究所で開発した風の場の予測法は、対象領域として数百キロメートルのオーダーの範囲を想定しており、対象領域が数十キロメートル以下の地域に対しては予測の精度は保証されてはいない。

4．3．3　可燃物の種類と消防活動

森林には多くの可燃物が空間的に分布している。地表には雑草、落枝、枯れ葉、落葉等に混じって未分解の有機質層があり、地上には生育している樹木の枝、葉、幹があり、こらすべては火勢が強い場合には燃え出す危険性がある。各種の森林可燃物の燃え易さは可燃物の種類、含水率、寸法、腐植の度合い等に依存する。森林可燃物を 750℃の高温気流の中で加熱して着火時間を測定した結果を表4－4に示す。可燃物の燃え易さは、サイズが小さく、枯死して多孔質化して、異常に乾燥しているものほど発炎時間は短い。この表は、発炎時間の大小から燃え易さを1級、2級、3級、4級及び5級に分類したものである。1級、2級、3級可燃物のの発炎時間はそれぞれ0～ 0.5秒、0.5～1.0、2.0～4.0秒であり、級の高い（1級、2級、3級……の順）ものほど発炎時間が短く、火炎が接触した時によく燃える。森林の地表付近ではほとんどの場所で燃え易さが異なるものが混在している。このような場所の延焼速度Vは標準可燃物の延焼速度V_0を利用して次式で推定した。これは、木造、防火造、耐火造建物が混在する市街地の延焼速度式を参考にして作成した。

$$V/V_0=(\alpha+\beta)^2/\{\alpha/2+\beta\}$$

この式で右辺は可燃物延焼速度比Sであり、この式のα、β、γはそれぞれ1級可燃物、2級可燃物、3級以下の可燃物の体積混在割合である。但し、$\alpha+\beta+\gamma=1$である。

標準可燃物として採用した広葉樹の落葉は2級可燃物で、林床可燃物がすべて1級の場

1（$\alpha=1$）には$V=2V_0$となり、この場合の延焼速度は標準可燃物の2倍である。この係数2は表4－4の1級と2級可燃物の発炎時間の比較から概算値として得たものである。可燃物がすべて3級以下であれば$V=0$とし、延焼が停止する。これは地表可燃物の含水率が26～30％以上になれば延焼が停止するというデータと矛盾するものではない。

森林の可燃物は乾燥するほど燃えやすくなる。可燃物の乾燥の程度は次式の含水率（η）で表される。

$$\eta=\{(w-w_0)/w_0\}\times100$$

多量の雨が降ると森林可燃物は濡れて含水率は 100％以上に高くなる。この雨が止んだ瞬間から乾燥がすすむ。この場合の乾燥スピードは気象条件（日射、相対湿度、風速等）と可燃物の堆積状態で異なる。最終降雨日からの日数が大きくなるほど乾燥がすすむ。可燃物の含水率は相対湿度の日変化で異なる。標準可燃物（状態）に採用した可燃物の含水率は10％～15％であり、含水率がそれよりもはるかに小さくなった場合（例2％～5％）には、その可燃物は1級とし、含水率が30％以上になると含水率の大小に応じて3級、4級、5級可燃物として判定できる。森林の地表面に含水率の異なる可燃物が混在する場合の近似的な延焼速度は上に述べた方法で計算する。

火災拡大は消火活動によりコントロールされる。消防力が火勢に優る場合には火災の抑制が可能であるが、火勢が消防力に優る場合には火災は拡大してしまう。火災拡大を的確にシミュレートするには、消火活動位置、出動人員及び消防資機材等の消防力の時間変化に関するデータが必要である。消火活動による延焼阻止が期待できる箇所では、その地点の可燃物延焼速度比を小さくするかあるいは0にすることで延焼阻止をシミュレートできる。

一方、観測記録に残らないような弱い雨であっても長時間降ることにより火勢が著しく弱められる。弱い雨であれば完全鎮火は期待出来ないが、延焼遅延に役立つ。林野火災の拡大予測において降雨の火災抑制効果は降水量を適切な可燃物延焼速度比におきかえることでシミュレートできる。

この報告書ではパソコンのメモリーの関係から延焼に及ぼす可燃物の種類と含水率の影響、消火活動による延焼防止効果及び降雨による延焼遅延効果をすべて可燃物延焼速度比の変化におきかえて処理した。これらのものが複合して変化する場合には、基準値を1と

して、それぞれの因子に関係する可燃物延焼速度比の値を掛け合わせて求める。

4．3．4　飛火延焼

過去の林野火災の記録を参考にして、飛火機能を延焼モデルに組み込む方法[6]を検討した。林野火災の飛火延焼データとして表４－５に示す昭和58年４月27日の東北、北陸地方で発生した大規模な林野火災の記録[3]を利用した。この表から飛火距離と風速の関係について分析したものを図４－５に示す。飛火距離を５段階、風速を３段階に分類し、風速別の距離による飛火発生数の分布を図４－６に示す。風速が８ｍ／ｓ以下のとき飛火距離はほとんどの場合 400ｍ以下である。風速が８ｍ／ｓから15ｍ／ｓの場合飛火距離が長くなるにしたがって飛火発生数は減少する。飛火は風速が15ｍ／ｓ以上の場合には２㎞まで及んでいる。

火の粉は火災で生じた熱気流によって上昇したのち風下方向に飛散し、風の乱れによって飛火方向が拡大する。飛火距離が 200ｍ以上のものについて整理した飛火の飛散角度を図４－７に示す。

飛火発生は、火災地点の燃焼の激しさ、火の粉の落下点の可燃物と風などに関係する。表４－５のデータについて飛火発生件数と火災同時延焼線図の長さのあいだにはよい相関は得られなかった。これに対して飛火発生数と延焼面積の関係を調べると図４－８になった。この図に示す通り、飛火が延焼面積 100ha当り１個弱の割合で発生するタイプと50ha延焼するまでに５個程度発生するタイプに分かれた。

以下に飛火発生数が延焼面積に比例すると仮定して飛火延焼を含む拡大予測モデルの構築を図った。各風速区分ごとの発生数の合計で各風速、距離区分ごとの発生数を割って、風速区分ごとの距離による発生率の分布を求める。風速の減少とともに飛火による着火率は急速に減少するという報告[5]があるので、ここでは飛火が発生する最低風速を５ｍ／ｓと仮定した。また飛散方向による飛火発生数の分布も全発生数で割って方向による発生率の分布として予測に用いる。30度以内に約80％が含まれるので、飛火による延焼の対象となる範囲を風下の左右30度以内とする。

飛火発生数（N）は延焼面積（S）に比例すると仮定して

$$N = S / K$$

で表わした。但し、Sは飛火発生時点における延焼面積、Kは1個の飛火が発生する平均延焼面積（ha）で常数として取り扱った。この常数は飛火発生が比較的少ない場合にはおよそ 150である。飛火発生の多い例では延焼面積が 430haで14個発生している例があり、この場合には常数Kはおよそ30となる。

4．4　拡大予測モデルの構築

林野火災の拡大予測モデルの概要を表4－6に、またフローチャートを図4－9に示す。この拡大予測モデルは地表延焼サブルーチンと飛火延焼サブルーチンを含んでいる。地表延焼の算定方法は消防庁で作成した拡大予測モデル[1]と同じ方式を採用している。対象区域を50×50個のメッシュに分割し、各メッシュを代表する点（メッシュの中心点）まで延焼区域が広がったときそのメッシュまで延焼したと判定する。飛火延焼[7]を予測する部分では、地表延焼によって延焼したメッシュを示すデータよりその時点での延焼面積および飛火発生数を求める。つぎに既に地表延焼によって延焼したメッシュ区域のなかから一メッシュを選び出す。そのメッシュから50×50個のメッシュのなかの未燃メッシュ一つずつに対して方向、距離、可燃物の有無、風速の大小を調べ飛火延焼の条件に合うかどうか調べる。この過程を地表延焼によって延焼した区域のすべてのメッシュについて行なう。このようにして選び出された飛火発生の条件に合ったメッシュが既に求めた飛火による延焼数よりも少ない場合は直ちにそれらのメッシュは飛火による延焼メッシュと判定する。条件にあったメッシュの数の方が多い場合はそのなかから必要な数だけを選び出す操作をする。このようにして得られた飛火が発生したメッシュには着火時刻が記録され、次の時間帯でこれらのメッシュから新たな延焼が始まるものとして処理した。

この拡大予測は、特定の対象地域について出火場所と時間ごとの風向風速を与えることにより、立体地形図に一定時間毎の延焼範囲を色を変えて表示する。この林野火災の拡大予測を行う場合には初めに

(1)対象地域
(2)予測時間
(3)出火場所
(4)風向風速

を決定する。実火災を対象として火災拡大を予測し、その結果を実火災と比較するには、

実火災の焼損範囲を対象地域の中心に設定して余裕をもって対象区域を決定する。予測時間は実火災の延焼時間を参考にして決定する。実火災の延焼時間が時には数十時間にも及ぶことがあるため、その場合には火災拡大が著しい時間帯を選択する必要がある。出火場所は本来は1地点（メッシュ）であるが、予測時間を限定する場合には出火地点を複数個選択することができる。風向風速についてはその地域における強風の卓越風向を選ぶ。予測時間内に風向風速がともに4回変更できるのでその変化のパターンを幾つも設定できる。

次に、対象地域の必要データ（標高データ、土地用途、樹種等）を収集し、パソコンに入力する。この地域の標高データからその地域の風の場を予測し、次いで森林内部の風の場を予測する。必要なデータの入力が終了すればキーボードから出火場所を与えて火災の拡大予測を行い、その結果を立体地図に表示する。

4．5　拡大予測モデルの検証

この拡大予測モデルのパラメータは、図4－10に示す出火点位置、風向風速、可燃物延焼速度比（十分な消防力のある箇所の防御線では可燃物延焼速度比を0とする）であり、風向風速及び可燃物延焼速度比の時間変化とその分布状況に依存して火災の拡大が異なる。出火点、風向風速の変化パターン、防御線位置の変化パターンのパラメータの組み合わせは多数に及ぶ。それぞれの対象地域について代表的なパラメータの組み合わせに対して拡大予測を行うことにより、火災が拡大しやすい条件を把握することができる。

第3章で触れた神奈川県湯河原町の林野火災を例にして林野火災の拡大予測を行った。その対象地域は実火災と同じであるが、消防隊の活動位置については想定したものである。この火災時の気象条件は表4－7のとおりであり、出火時には西風であった。前述したようにこの火災は朝9時55分頃に出火して午後2時頃まで著しく拡大したものである。拡大予測は表4－8に示す4つのケースについて午前10時から午後2時までの4時間について行った。

表4－7の記録のとおり西風のもと(case 1）で火災の拡大予測を行った結果を図4－12(a)に示す。この火災の実際の焼損範囲は図3－4のとおりであり、出火点付近では東の方向に延焼していが全体の焼損範囲は北の方向に延びた。case 1の場合の予測結果は実際の延焼範囲と著しく異なるものになった。そこで、風向は南で風速は表4－7と同じにして(case 2）予測した結果を図4－12(b)に示す。この場合には実際の火災に近い延焼状況

になった。

風向風速はcase 2 と同じにしてK 地点（図 4 －11に示す）に防火線が設定(case 3）されたものと仮定して予測した結果を図 4 －12(c)に示す。このcaseではその火災に対して十分な長さの防火線であり、その設定した防火線で焼け止まった。また、飛火延焼があり、かつ、時間の経過に従って防火線をA、B、C、D地点に設定(case 4）した場合の予測結果を図 4 －12(d)に示す。このcaseでは、飛火延焼があり、しかも防火線の長さが十分でなかったことから火災が拡大した。

以上の例のように風向風速の値を観測記録を利用すると拡大予測結果と実火災の延焼動態が一致しない場合がある。この不一致の原因は、山間部の風と都市部の風が異なることによると推定される。火災の拡大を予測する場合に都市部における風向風速の観測記録よりもむしろ火災全体の動きから風向を推定した方が実火災の延焼動態とよく一致する。

4．6　まとめ

既往の林野火災の拡大予測モデルを基本として、そのモデルに局地風、飛火延焼及び可燃物の分布特性を組み込むことにより予測モデルの改良を行い、その予測結果を立体延焼動態予測図として作成する方法を構築した。これにより対象地域の可燃物データ及び防御線位置を考慮した極め細かい火災の拡大予測が可能になり、火災に及ぼす出火点位置と樹種（可燃物）分布の影響などを知ることができるようになった。対象とする地域について林野火災の拡大予測作業を行うことによりその地域の自然的特性と延焼特性を知り、その特性に応じて森林管理の指導、予防広報、消防水利の整備、消防資機材の適正配置等効率的な事前の対策が可能になる。

参考文献

1） L. S. Bradshaw, J. E. Deeming, R. E. Burgan and J. D. Cohen;The 1978 National Fire-Danger Rating System:Technical Documentation: Intermountain Forest and Range Experimental Station: General Technical Report Int-169 (1983)

2） R. C. Rothermel : How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires : Intermountain Forest and Range Experimental Station:General Tecnical Report INT-143 (1983)

3) F.A.Albini: Estimating Wildfire Behavior and Effects : Intermountain Forest and Range Experimental Station : General Tecnical Report INT-30 (1976)

4) 自治省消防庁：林野火災拡大危険区域予測調査（昭和59年度）報告書：昭和60年３月

5) 消防庁消防研究所：林野火災の飛火延焼に関する研究：（昭和60年３月）

6) 稲垣　実、山下邦博、田村裕之：林野火災における飛火と飛火を考慮した延焼シミュレーション：消防研究所報告 No.69 (1990)

7) F.A.Albini and R.G.Baughman:Estimating Windspeeds for Predicting Wildland Fire Behaviuor：USDA Forest Service Int-221 (1979)

8) 吉野正敏：森林火災・原野火災の気象学的研究：災害の研究　第17巻 (1986)

9) 吉川友章等：大気中に放出された放射性物質拡散の即時予測システム開発に関する研究：気象庁気象研究所　研究所報告：昭和59年度

あとがき

林野火災の立体地図を作成する場合には、メッシュ幅を小さくすることで実際の地形を正確に表現することができる。メッシュ幅が大きい場合には稜線や谷筋が明確でなくなる。林野火災を対象とする場合にはメッシュ幅を経験的に50〜70メートル以下にとるのがよい。

メモリの関係上、メッシュの数を50×50個にしたが、立体地図を作成するだけであれば100×100個にすることができる。

表４－１　林野火災延焼予測モデル

<table>
<tr><th>サブモデル</th><th>概　　要</th></tr>
<tr><td>延焼方向</td><td>(1)最大傾斜と風のx,y成分(Sx,Sy),(Wx,Wy)を求める.
(2)4.37×Sx+21.57×Wx=Ex
　4.37×Sy+21.57×Wy=Eyへ(1)を代入し、主延焼のx,y成分Ex,Eyを求める。
(3)逆三角関数$\tan^{-1}(Ey/Ex)$より、角度を求め、真北から時計回りの角度に変換し、主延焼方向を求める。</td></tr>
<tr><td>延焼速度</td><td>主延焼速度 Ve
$Ve=\{66.10+1.44\cdot S\cdot\cos(\theta_2-\theta_1)+51.30\cdot W\cdot\cos(\theta_2-\theta_3)\}\cdot Sp$
横延焼速度
$Vs=Ve\cdot10^{-0.12w}$
裏延焼速度 Vb
$Vb=Ve\cdot10^{-0.214w}$
但し、S:傾斜度　Sp:樹林別の重み
W:風速(m/s)，θ_1:最大傾斜方向
θ_2:主延焼方向、θ_3:風向
面的な拡大を考慮した延焼速度 V
$V=\dfrac{1}{\sqrt{(\cos^2\phi/Ve^2+\sin^2\phi/Vs^2)}}$　$(-\pi/2\leqq\phi\leqq\pi/2)$
または、
$V=\dfrac{1}{\sqrt{(\cos^2\phi/Vb^2+\sin^2\phi/Vs^2)}}$　$(-\pi\leqq\phi<-\pi/2)$
または$(\pi/2<\phi\leqq\pi)$</td></tr>
<tr><td>飛火延焼</td><td>飛火警戒範囲を発生可能地点および風速別飛火距離、飛火拡散範囲を組み合わせて表示して、実際に飛火が発生した場合にはその点を新たな出火点として取り込む。
発生可能地点の条件　・地形的条件　尾根部　飛火源：樹林部分
飛火距離　右の表による.
飛火拡散範囲:　$\tan\theta=3/U$の扇形とする。
<table><tr><th>風速(m/s)</th><th>飛火距離(m)</th></tr><tr><td>5~7.5</td><td>400</td></tr><tr><td>7.5~10.0</td><td>600</td></tr><tr><td>10.0~15.0</td><td>1100</td></tr><tr><td>15.0~</td><td>2200</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>延焼算定</td><td>メッシュを単位として行い、1時間単位で既燃メッシュの近接24メッシュの可燃メッシュの最も早い延焼時刻を逐次計算するアルゴリズム(計算手順)で行う.</td></tr>
</table>

表4－2　土地利用と可燃物延焼速度比及び風速比の関係

土地利用(例)	可燃物延焼速度比	風速比	樹高(m)	樹冠疎密度
① 田畑	0	1		
② 果樹園　樹木園	0	1		
③ 森林・　落葉広葉樹	1	U_1/U_2	A	A
常緑広葉樹	1	U_1/U_2	A	A
針葉樹	1	U_1/U_2	A	A
竹林	1	U_1/U_2	A	A
④ 湖沼・河川・海水域	0	1		
⑤ 道路・鉄道・空き地	0	1		
⑥ 荒地(雑草地)	1	1		
⑦ その他(ゴルフ場)	1	1		

A:実際の値を使う。

表４－３　係数ｆの値

森林の密度	耐性のある		耐性のない	
	若い樹	成樹	若い樹	成樹
密	32	24	16	8 %
疎	9	7	7	5 %

表４－４　林内可燃物の発炎時間

等級	発炎温度 (℃)	含水率 (%)	発炎時間 (秒)	林内可燃物		代表的なもの
				生育しているもの	枯死したもの	
１級	230~450	10~50	0~0.5		ススキ、エノコロの穂	ススキ、エノコロ草の穂
２級	440~450		0.5~1.0		枯れ葉　、枯草	針葉樹、広葉樹の枯れ葉
３級	450~650	150~250	2~4	サワラ、ヒバ、アカマツ、ナラ、サクラ、クリ		針葉樹の生葉 広葉樹の生葉
４級	550~750		6~7	マサキ、アオキ、クスノキ サンゴジュ、サザンカ、ススキ ツタウルシ、ヤブガラシ、クズ、		常緑広葉樹の生葉 林床に生える草本類の生葉
５級	750~	250~		スギナ、イヌワラビ、ミツバ、ノビル、ツユクサ、ヨモギ、ノハラアザミ、ヒメジオン、タケニグサ、ヒメウズ		草本類の生葉

表4－5　飛火延焼データの一覧

番号	飛火火災発生市町村名	時刻	飛火距離 (m)	延焼面積(ha)	火災延長 (m)	風速(m/s)	湿度 (%)	飛散角度(deg)
1	岩手県久慈市(1)	15:18	600	70	1200	16	52	13
2	青森県南郷村	12:48	250	20	300	11	38	23
3	－　－	13:20	1500	200	700	11	38	23
4	－　－	14:15	500	350	1200	14	38	3
5	岩手県岩泉町	14:35	1000	500		23	17	13
6	－　－		1500	500				68
7	－　－		2000	500				43
8	岩手県岩泉町	12:50	350	150	1200	12		20
9	－　－	13:30	1000	250	1900	13		10
10	－　－	14:00	750	500	3100	13		20
11	－　－	15:00	1500	600	3100	13		3
12	岩手県山形村	15:00	500	400	1500	15	18	
13	－　－	16:00	1500	440	1700	13	20	
14	岩手県大槌町	15:45	250				30	
15	－　－		450					
16	－　－	17:42	800				33	
17	青森県八戸市	15:50	50	1		15	40	68
18	青森県大畑町	13:40	200	3		10	50	6
19	－　－	14:40	200	8		9	60	23
20	岩手県久慈市(2)	15:20	50			17	20	35
21	－　－	16:30	100	2		17	23	85
22	岩手県滝沢村	10:15	370	3		8	55	45
23	－　－		500	3				20
24	－　－	10:30	250	10		8	55	30
25	－　－	15:00	30	400		15	35	33
26	－　－		110					23
27	－　－		100					13
28	－　－		320					13
29	－　－		580					8
30	－　－		720					8
31	－　－		870					8
32	－　－		920					3
33	－　－		1090					3
34	－　－		1130					3
35	－　－		350					3
36	－　－		1150					3
37	－　－	15:30	1010	430	300	14	40	3
38	岩手県石鳥谷町	15:00	100	11	200	8	30	60
39	－　－		200					0
40	－　－	16:44	100	18	250	9	38	58
41	岩手県室根村	13:30	150	9	250	7	35	55
42	－　－	14:30	350					55
43	－　－		150	19	150	7	35	65
44	青森県大鰐町	15:32	200	1	200	10	30	33
45	－　－	15:34	400	1	200	12	30	68
46	－　－	16:03	480	4	400	12	31	33
47	－　－	16:16	300	6	500	12	31	13
48	－　－	17:22	500	50	1500	11	33	23
49	宮城県仙台市	15:05	100	1	100	13	33	78
50	－　－	15:34	100	5	300	17	31	23

表４－６　林野火災の拡大予測モデル

サブモデル	概　　要
延焼方向	(1)最大傾斜と風のx，y成分(Sx，Sy)，(Wx，Wy)を求める。 (2)$4.37\times Sx+21.57\times Wx=Ex$ $4.37\times Sy+21.57\times Wy=Ey$へ(1)を代入し、主延焼のx，y成分Ex，Eyを求める。 (3)逆三角関数$\tan^{-1}(Ey/Ex)$より、角度を求め、真北から時計回りの角度に変換し、主延焼方向を求める。
延焼速度	延焼速度と風速、斜面傾斜角の関係 $Ve=\{A\times W\times\cos(\theta_1-\theta_3)+B\}\cdot S$ $A=2.00\tan^2\theta+2.16\tan\theta+1.24$ $B=7.12\tan^2\theta+1.44\tan\theta+0.25$ $Vs=0.6\times S$ $Vb=0.4\times S$ 但し、S：可燃物延焼速度比 W：風速(m/s)、θ_1：最大傾斜方向 θ_2：主延焼方向、θ_3：風向 面的な拡大を考慮した延焼速度 V $V=\frac{1}{\sqrt{(\cos^2\phi/Ve^2+\sin^2\phi/Vs^2)}}$　$(-\pi/2\leqq\phi\leqq\pi/2)$ $V=\frac{1}{\sqrt{(\cos^2\phi/Vb^2+\sin^2\phi/Vs^2)}}$　$(-\pi\leqq\phi<-\pi/2)$ または$(\pi/2<\phi\leqq\pi)$
飛火延焼	(1)飛火発生可能地点：樹林地かつ強風地点(5 m/s以上) (2)飛火発生個数：延焼面積(ha)/K，　K：定数(30~150) (3)飛火距離：飛火発生ヒストグラム（飛火発生率と飛火距離の関係図） (4)飛火方向：飛火発生ヒストグラム（飛火発生率と拡散角の関係図） (5)飛火が多数発生する可能性がある場合には乱数を用いて選出する。
延焼算定	メッシュを単位として行い、1時間単位で既燃メッシュの近接24メッシュの可燃メッシュの最早い延焼時刻を逐次計算するアルゴリズム（計算手順）で行う。

表４－７　火災発生時の風向風速（昭和63年２年５日、神奈川県湯河原町）

時間	風向	風速 (m/s)	瞬間風速 (m/s)	雨量 (mm)	備考
9:00	西	10.7	21	0	出火9:55分頃
10:00	西	10.0	22	0	
11:00	西	13.3	23	0	
12:00	西	12.0	18	0	
13:00	西	11.0	18	0	
14:00	西	11.0	23	0	
15:00	西	9.7	17	0	現場降雨あり
16:00	西	5.3	9	0	鎮圧16:00
17:00	西南西	4.3	7	0	
18:00	西南西	4.7	9	2.0	
19:00	西南西	4.3	8	5.0	鎮火19:00

表4－8　拡大予測の設定条件

条件	case 1	case 2	case 3	case 4
・出火点	(25、37)	(25、37)	(25、37)	(25,37)
・予測単位時間	1時間	1時間	1時間	1時間
・全延焼予測時間	4時間	4時間	4時間	4時間
・風向風速				
1時間目	西　10	南　10	南　10	南　10
2時間目	西　13	南　13	南　13	南　13
3時間目	西　12	南　12	南　12	南　12
4時間目	西　11	南　11	南　11	南　11
・飛火延焼の有無	無	無	無	有
・消火活動	無	有(図4-11)	有(図4-11)	有(図4-11)
1時間目		K 地点	A 地点	A 地点
2時間目		K 地点	A,B 地点	A,B 地点
3時間目		K 地点	A,B,C地点	A,B,C地点
4時間目		K 地点	A,B,C,D 地点	A,B,C,D 地点
・降雨	無	無	無	無

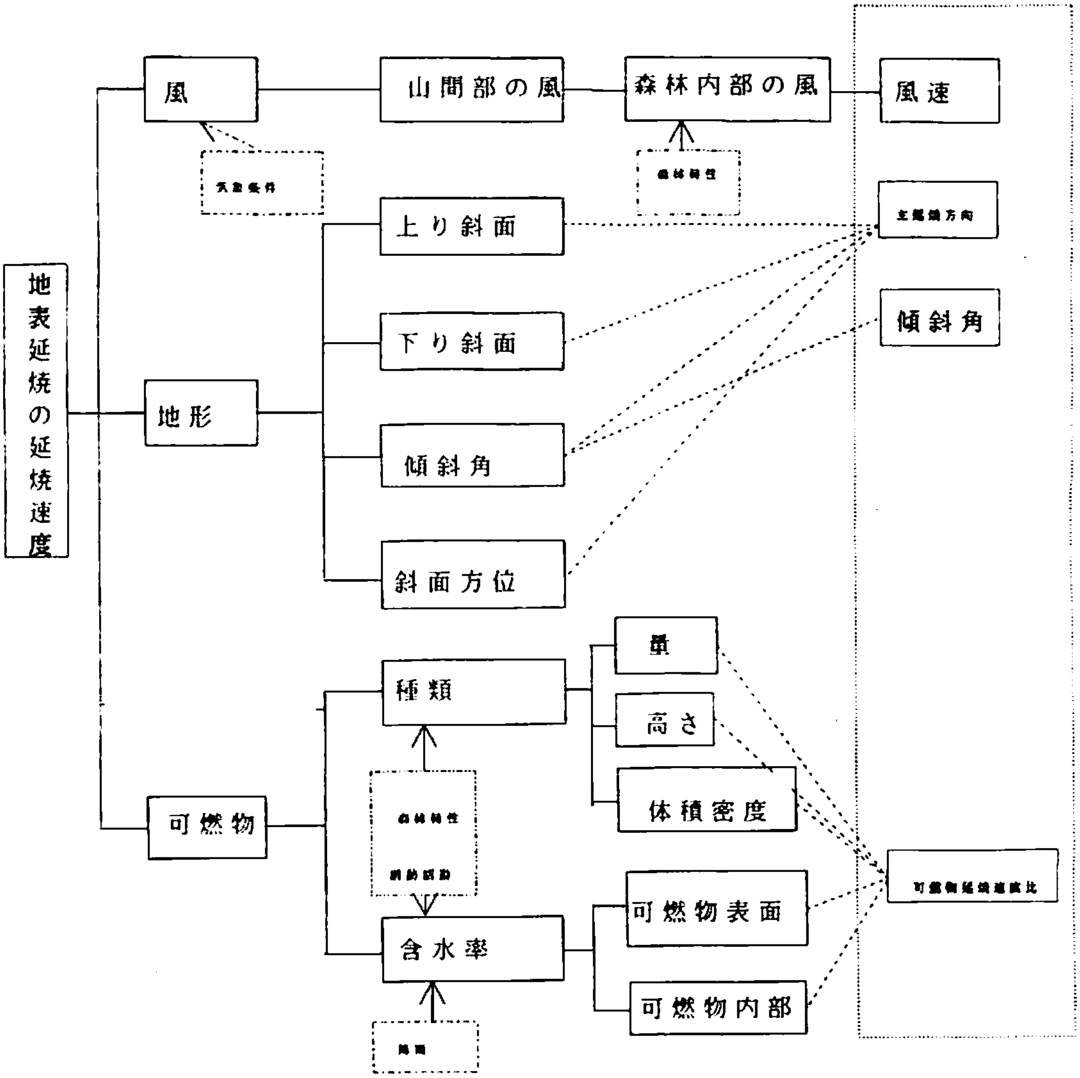


図4－1　地表延焼の延焼速度

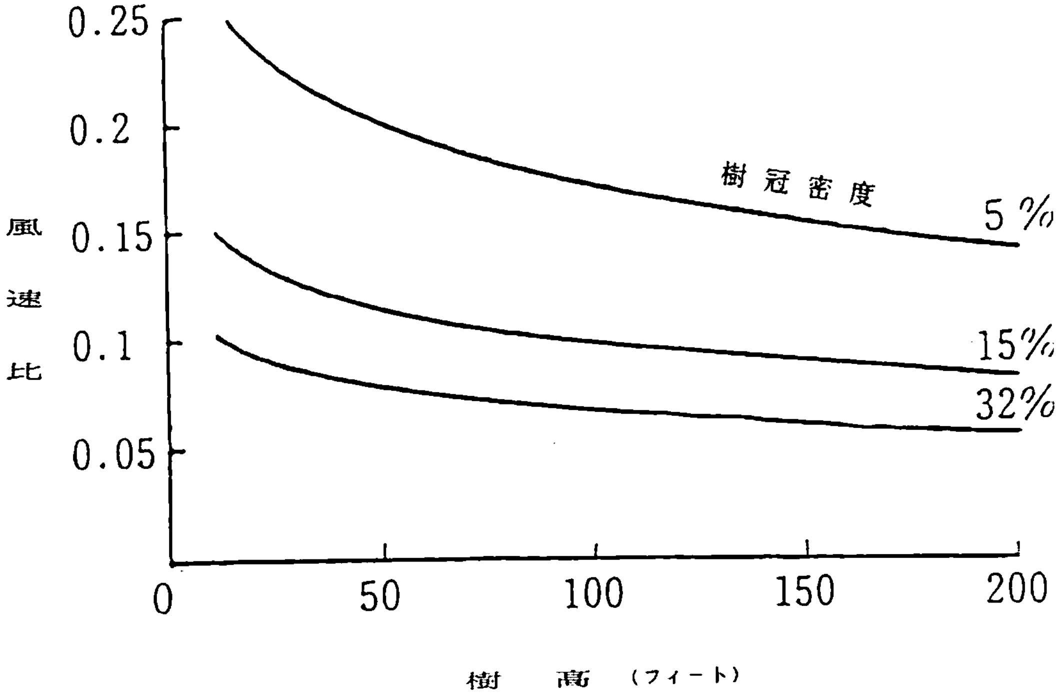


図４－２　森林内部と森林上空の風の風の比

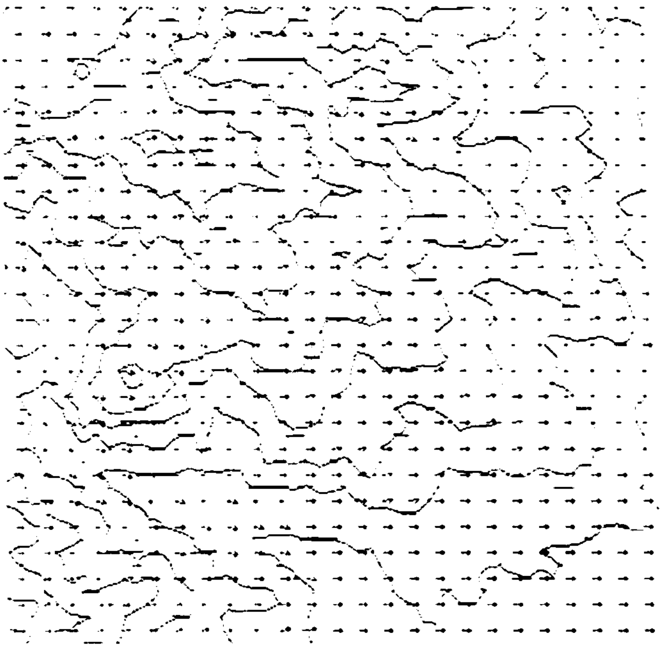


図４－３(a)　森林上空の風の場（10m／ｓの西風）

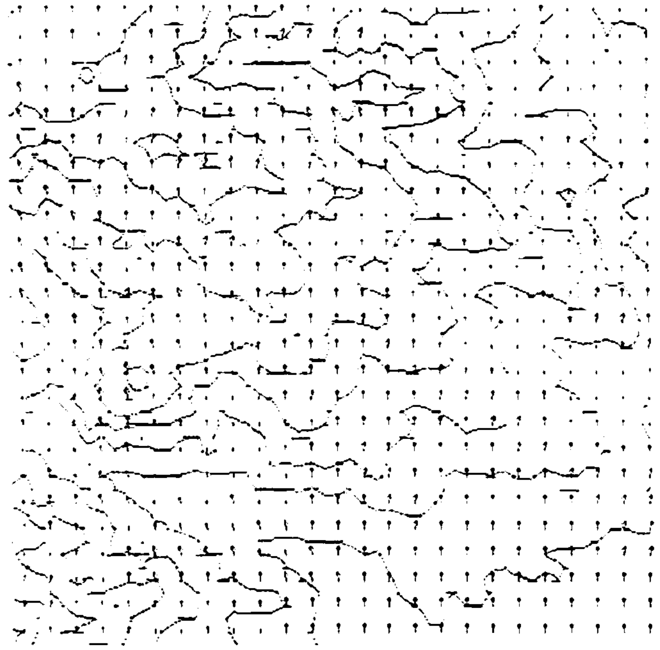


図４－３(b)　森林上空の風の場（10m／ｓの南風）

カラーグラビア１を参照

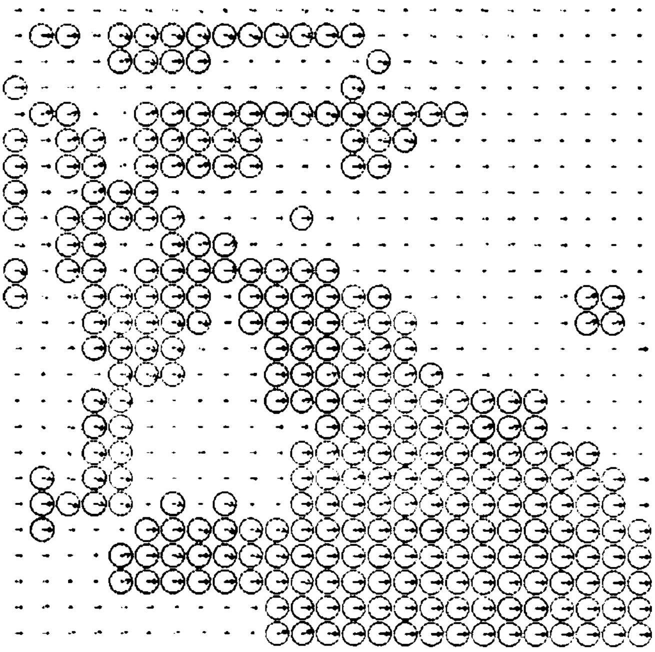


図４－４(a)　強風地点の選出（10m／ｓの西風）

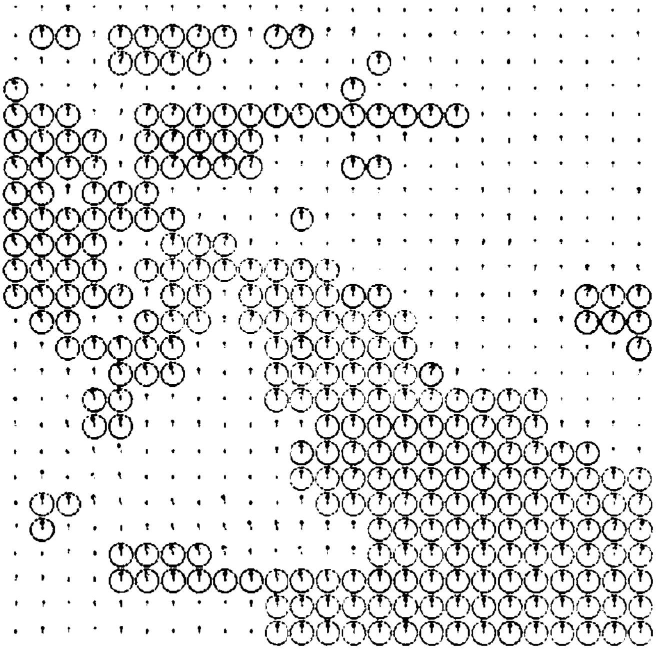


図４－４(b)　強風地点の選出（10m／ｓの南風）

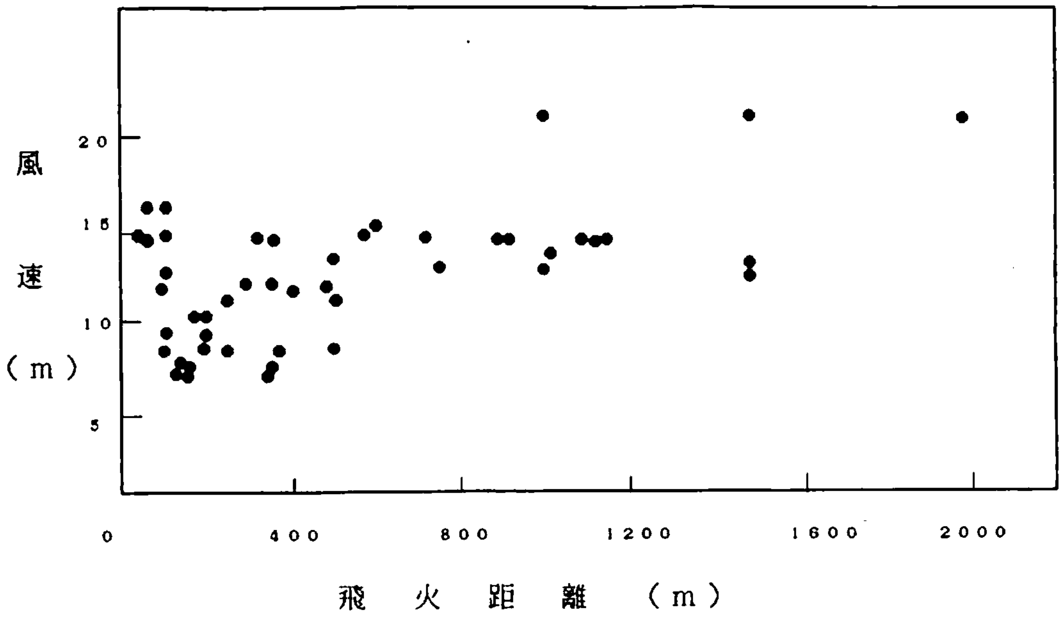


図４－５　風速と飛火距離の関係

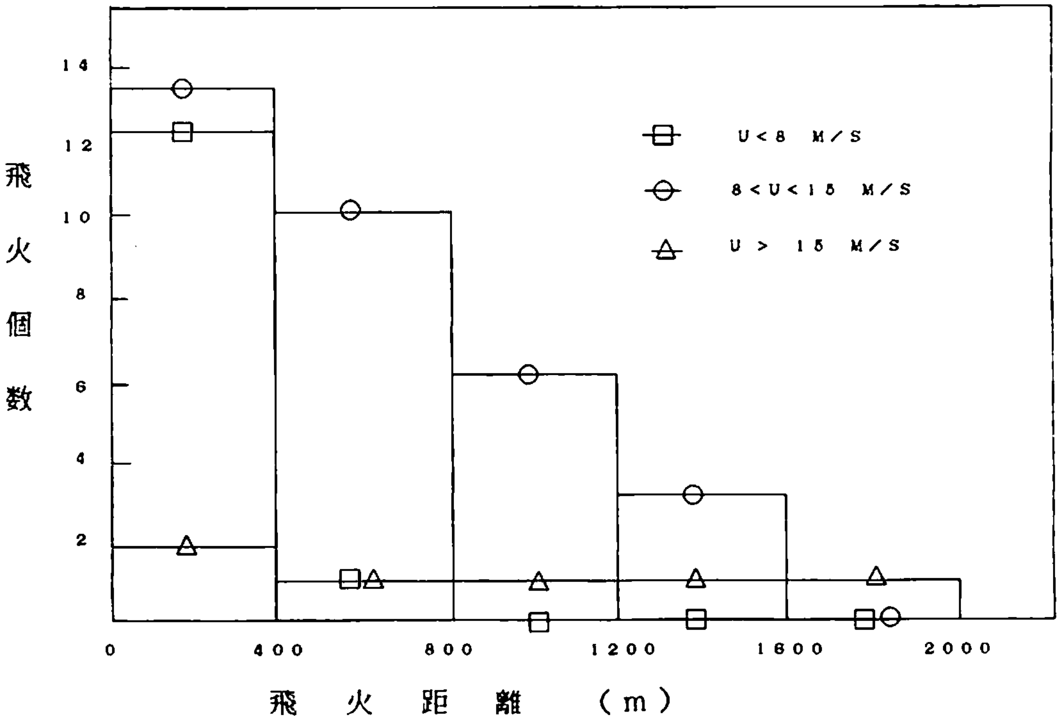


図４－６　飛火距離と飛火発生個数

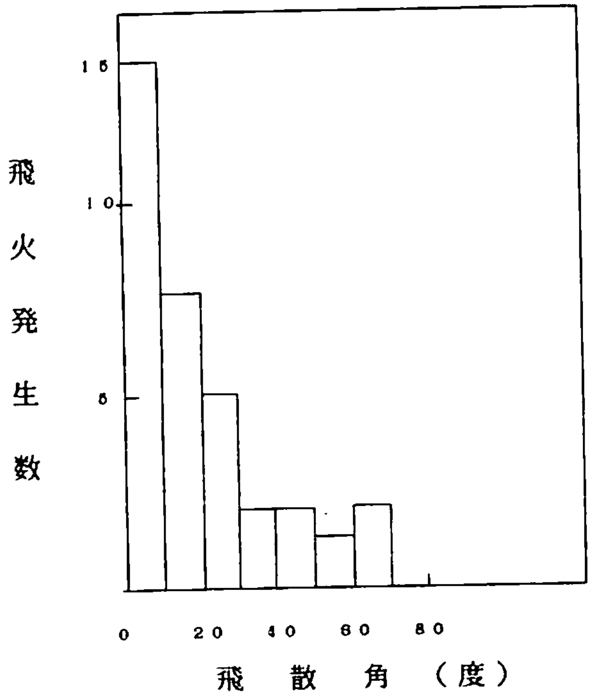


図４－７　飛散方向と飛火発生個数

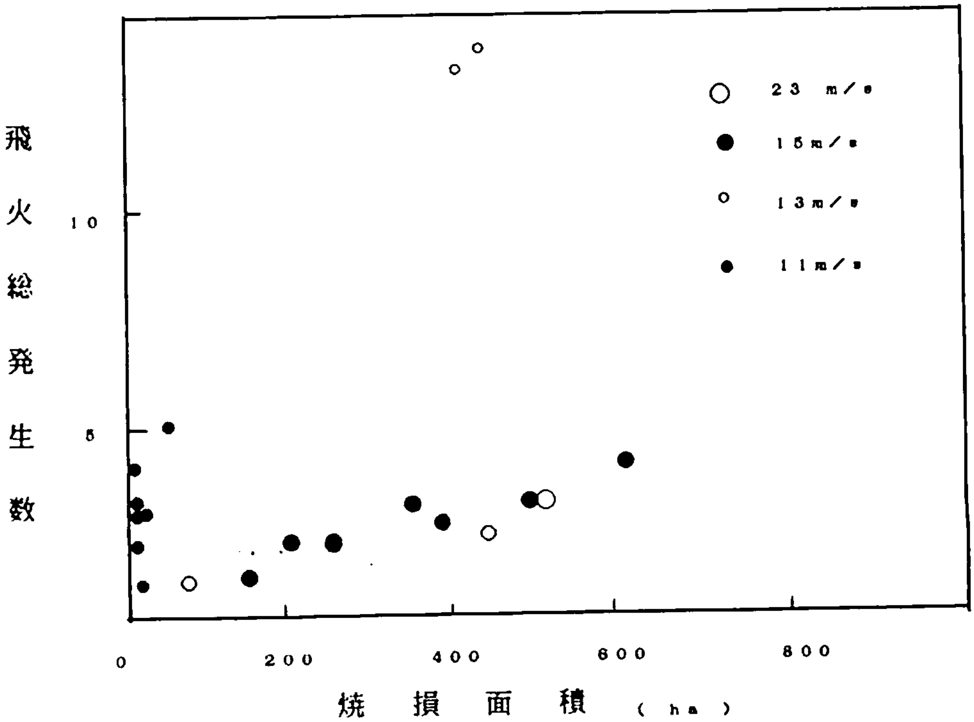


図４－８　延焼面積と飛火発生数

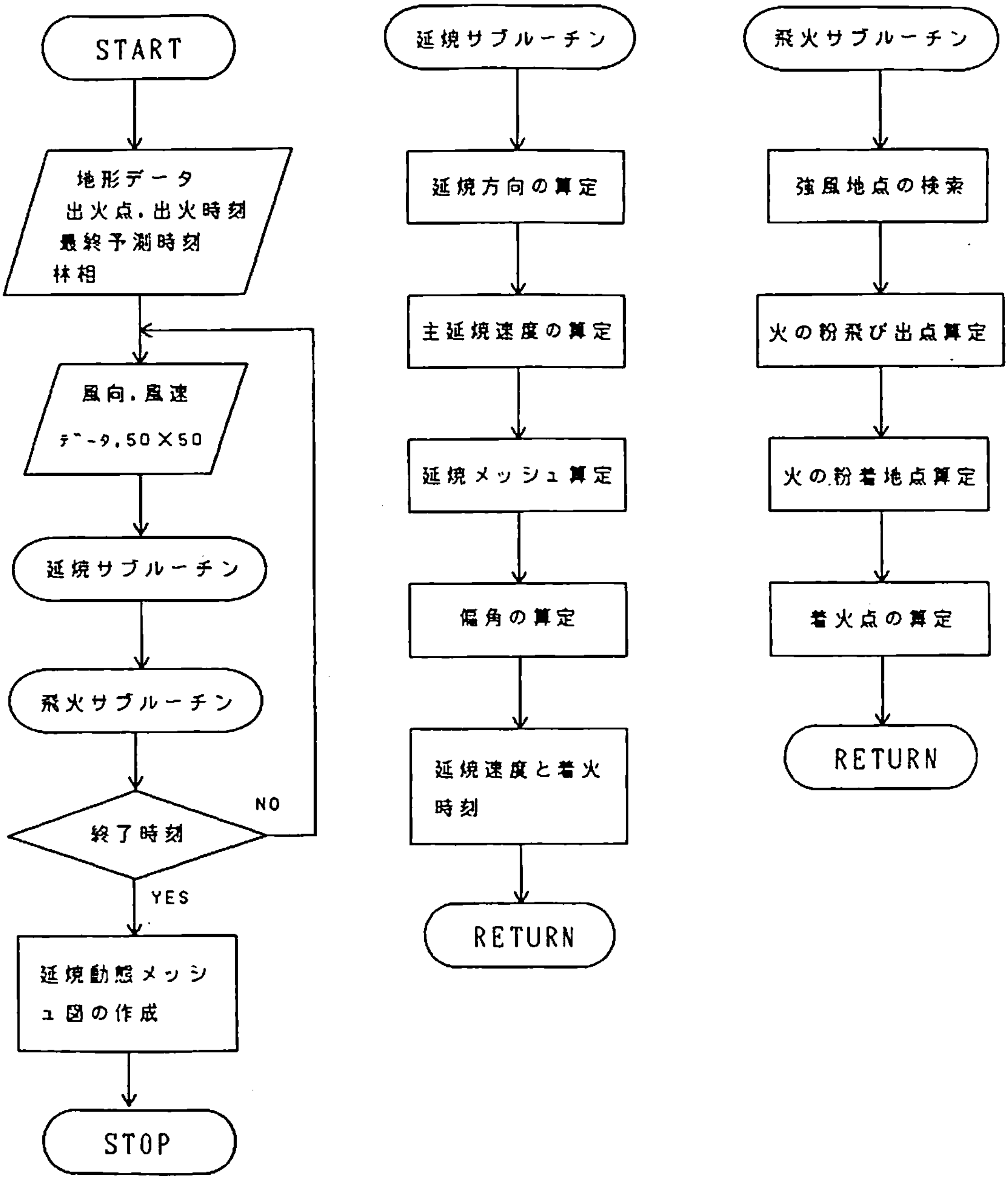


図４－９　飛火延焼を含んだ延焼予測法

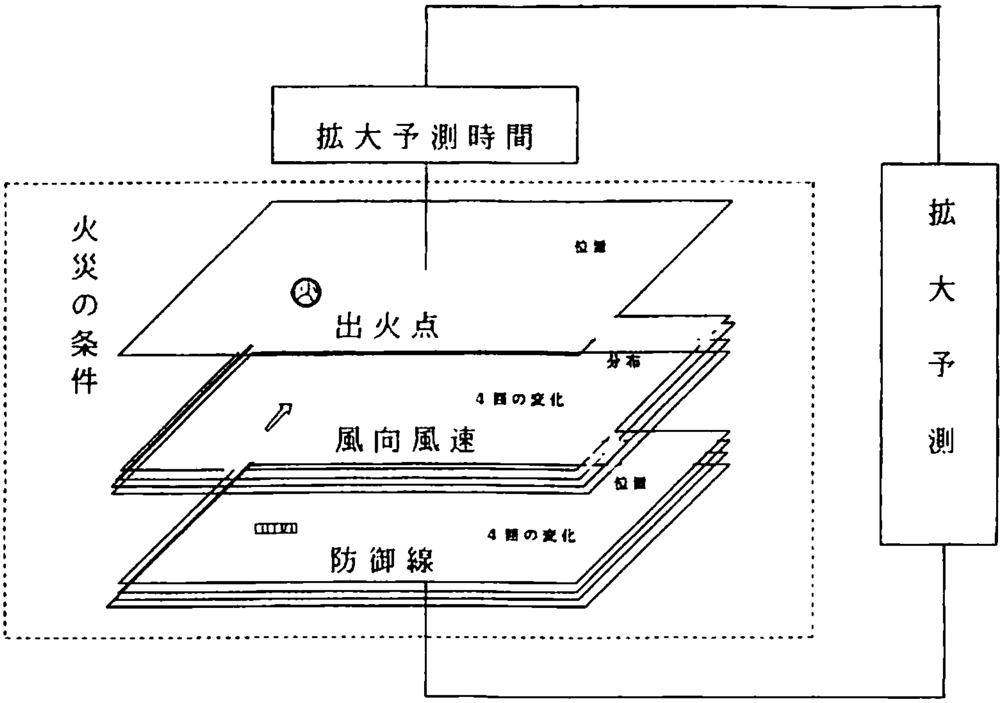


図4－10　火災条件の組み合わせ

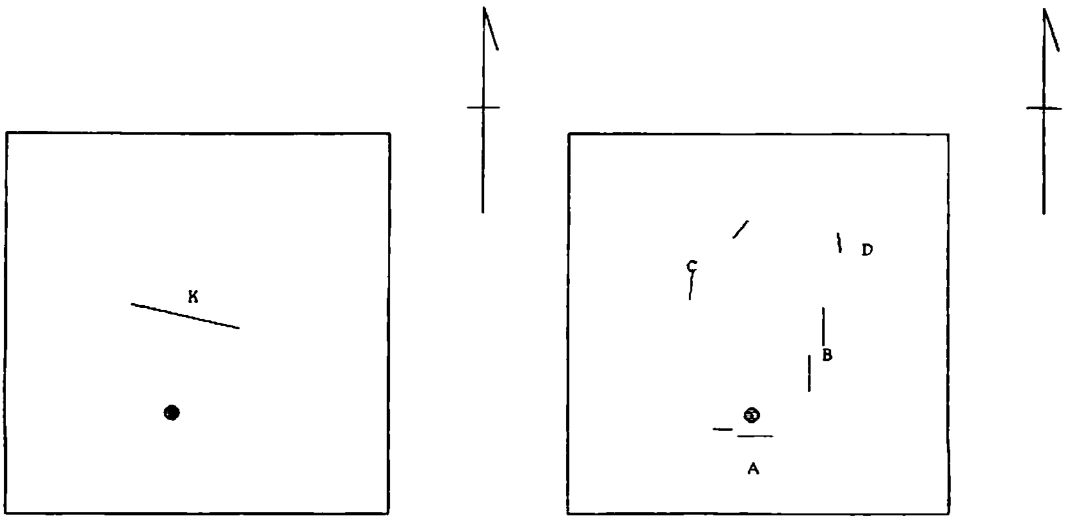


図4－11　防火線の位置（想定したもの）

出火点　防火線

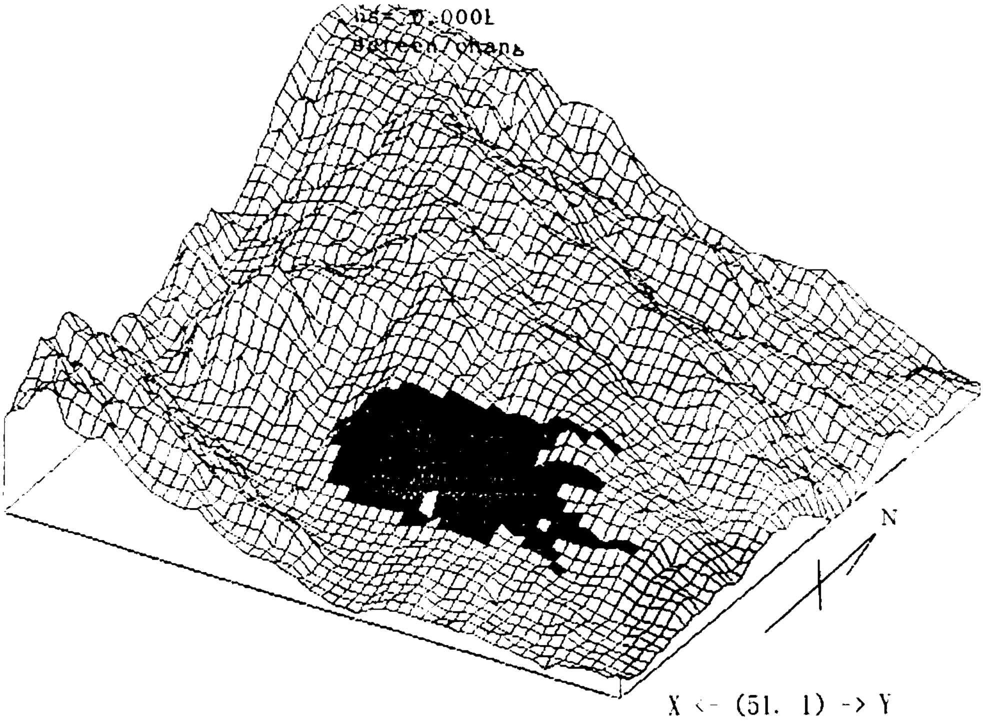


図４－12(a)　林野火災の延焼動態予測図(cace 1)

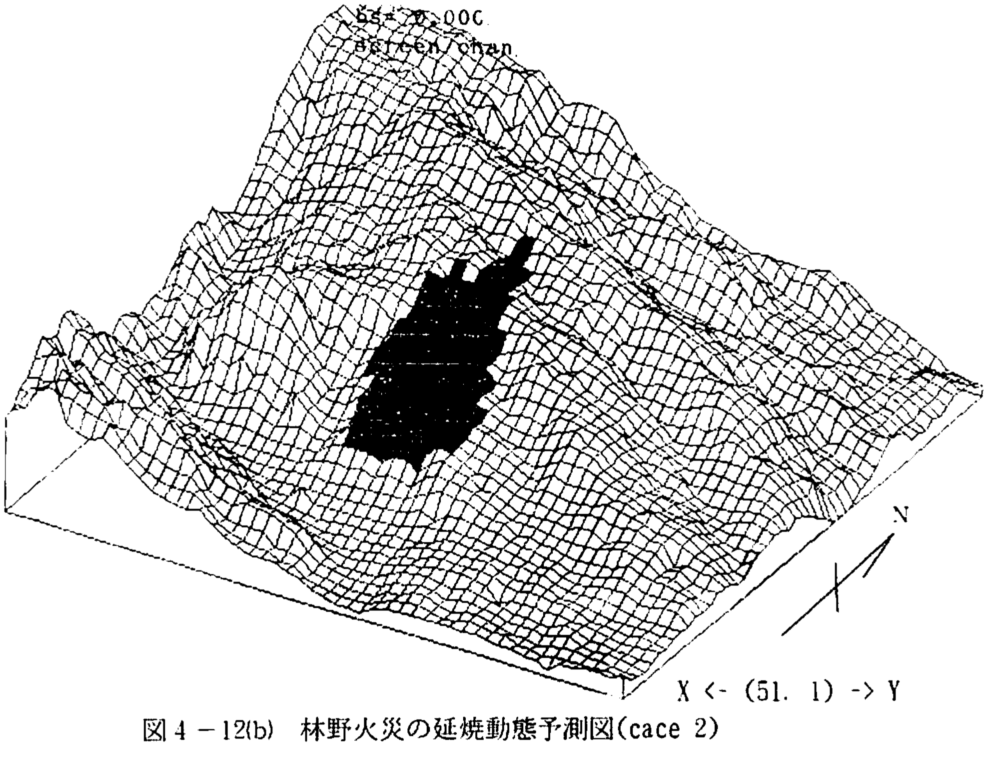


図４－12(b)　林野火災の延焼動態予測図(cace 2)

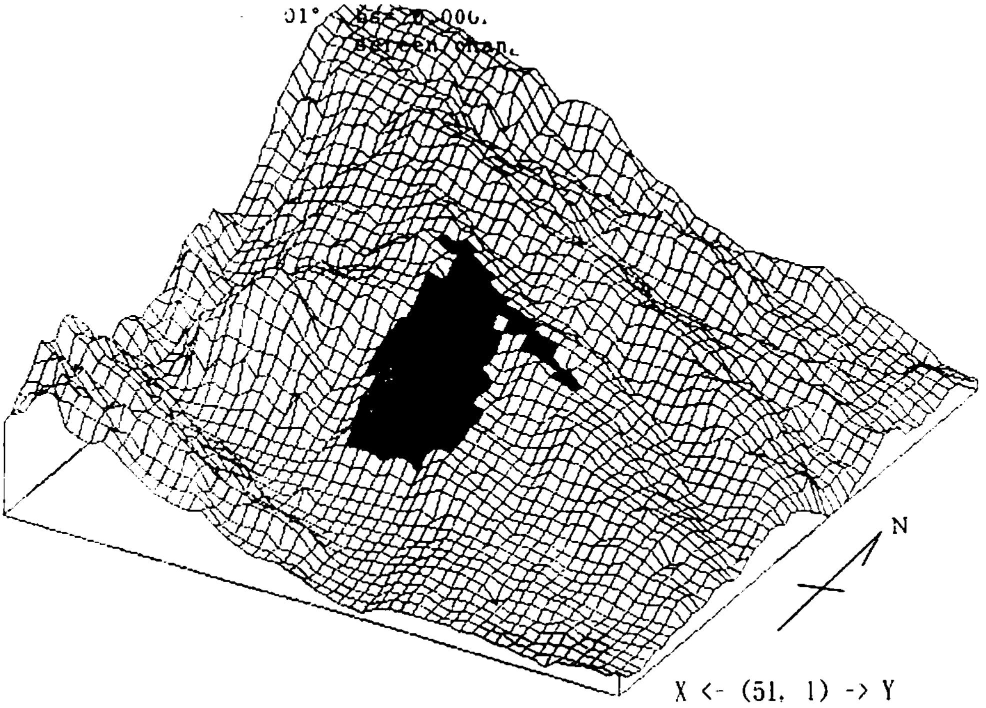


図４－12(c)　林野火災の延焼動態予測図(cace 3)

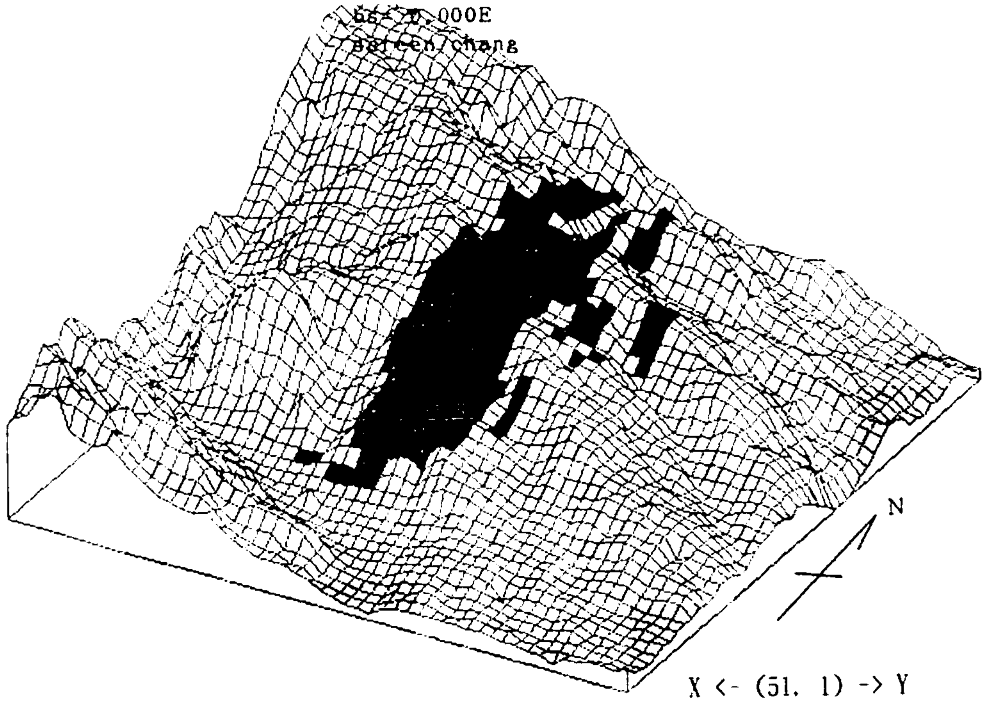


図４－12(d)　林野火災の延焼動態予測図(cace 4)

第5章　まとめ

林野火災の予防対策と消防活動態勢の強化を図るには、その地域の自然的条件と火災危険度の分布を把握するとともに火災の発生に備えて、その地域の必要データを収集して火災拡大を的確に予測することも必要である。林野火災は地形、林況、気象等の多数の因子に影響され、しかも延焼範囲が広いことから、林野火災の拡大予測には多くの情報が必要である。この情報として地形情報（火災現場の高度範囲、斜面方位、斜面角度、林道、河川）、森林情報（土地用途、樹種、林床可燃物、樹冠疎密度、樹高）、気象情報（風向風速の時間変化、局地風、気温と相対湿度、降雨量）などがあり、データは数万個にも及ぶ。林野火災の拡大を的確に予測するには、これらの多量データを収集して、一定の方法で処理しなければならない。

ここでは、最初に地形図から標高データを自動的に読み取り、それを計算機へ自動入力する方法を検討し、精度の高い自動読み取り法を構築した。これにより一つの地域について標高データの読み取りに一人で４～５日かかっていた作業を半日で完成できるようにした。また、同じ方式により森林の土地用途、樹種分布、地表可燃物分布、林道、空き地など複雑に分布するデータの自動読み取りと時間的に変化する消防隊の活動位置を容易にディジタルデータにおきかえることが可能になった。

次に、標高データの読み取りが簡便になったことから立体地図の作成が容易となり、この立体地図を林野火災の予防対策へ利用する方法を検討した。林野火災用の立体地図は、立体地形図に焼損範囲、防御活動、危険度分布等の林野火災に関係する情報を記入するものであり、これは新しい記録方式である。立体地図を作成することにより、火災環境と消防活動環境を地形と関連づけてビジュアルな形で保存することができるようになった。また、大規模林野火災など特定の林野火災についてはこの方式で延焼動態を記録し、それらの資料を蓄積することで、火災が大規模化する地形環境及び消防隊の活動において人命危険の高い地形環境をその時の火災状況との関連を調べながらけて検討することが出来る。

さらに、昭和59年度に消防庁で作成した林野火災の拡大予測モデルを基本にして、火災に及ぼす飛火と消火活動の影響を組み込むことにより予測モデルの改良を行った。これにより対象地域の地形、可燃物分布、局地風、消火活動等のデータをもとにして、きめ細かい林野火災の拡大予測が可能となった。この予測モデルにより火災拡大に及ぼす出火点、風向風速、防御線位置の影響を検討することができる。

対象とする地域について林野火災の拡大予測作業を行うことによりその地域の自然的特性と延焼特性を知ることができ、その特性に応じて森林管理の指導、予防広報、消防水利の整備、消防資機材の適正配置等効率的な事前対策が可能になると思われる。

付　属　資　料　I

（パソコン操作）

（A）　パソコン操作の概要
（B）　標高データ作成
（C）　樹種データ作成
（D）　立体地形図作成
（E）　地形断面図の作成
（F）　風の場の予測
（G）　森林内部の風の場の予測
（H）　強風地点の予測
（I）　延焼拡大予測（延焼モデル　RINYA81.EXE）
（J）　延焼拡大予測（延焼モデル　RINYA8C.EXE）
（K）　拡大予測結果の立体表示
（L）　拡大予測結果に対する情報追加
（M）　プログラム修正法

（A） パソコン操作の概要

(1)本方式による林野火災の延焼予測法は対象地域を50×50のメッシュに区分して任意の地点から出火した場合について時間毎の延焼範囲（表面延焼と飛火延焼による火災拡大）を予測するものである。メッシュ間隔は火災規模に応じて任意の値を設定する。出火点を赤で示し、時間毎の延焼範囲を順にピンク、青、水色、黄色、白・・・・で示す。機器構成は計算機本体（PC9801VX)、ディスプレイ、増設ラム（2メガバイト）及びプリンターである。

(2)延焼予測を行うまでの作業量、予測計算時間および予測精度を考慮して次の二つの延焼モデルを用意した。

RINYA81.EXE　単純な延焼モデル　　（延焼時間、10時間以内）

RINYA8C.EXE　複雑な延焼モデル、　（延焼時間、4時間用、8時間用）

延焼モデル（RINYA81.EXE)は予測精度は高くないが、作業量が少なく比較的簡単にできる。これに対し、延焼モデル（RINYA8C.EXE)は予測精度は高くなるが、予測するまでの作業量が多い。

(3)地図（北の方向は真上とする）の左上を原点として横の方向にx軸、縦の方向（下の方向）にy軸をとる。出火場所のxの値、yの値を与える。ただし、出火点は複数個であってもよい。

(4)対象地域について延焼予測計算を行う場合には実行ファイル（RINYA81.EXE.RINYA8C.EXE 、現在はBドライブと仮定）のあるFD（フロッピイディスク）に対象地域の必要なデータを次のファイル名で事前に入れておく。（延焼予測は実行ファイルがあるFD内のFNAME.DAT(固定したファイル名）の地域について行う。

例　AドライブのFDからBドライブのFD（実行ファイルがある）にデータを転送する場合

COPY FNAME3.DAT B:FNAME.DAT

（FNAME3.DAT予測しようとする地域の斜面方位と傾斜角データ）

COPY UVW3.RES B:UVW.RES

（UVW3.RES予測しようとする地域の風向風速のデータ）

COPY UVWSPOT3.RES B:UVWSPOT.RES

（UVWSPOT3.RES予測しようとする地域の強風地点のデータ）

COPY SPEC3.DAT B:SPEC.DAT

（SPEC3.DAT予測しようとする地域の樹種データ）

（注）同じデータをファイル名を変えて転送できる。

(5)風向風速（一般風）は時間毎に変化するものとしてそれらの値を与える。

延焼モデル RINYA81では風向風速をキーボードから与える。

延焼モデル RINYA8Cでは気象研究所方式でマイクロバックスを使って各地点の局地風を求めておく。

（風のデータ名 UVW.RES、強風地点のデータ名 UVWSPOT.RES）

(6)対象地域の樹種分布は以下の通りとする。

延焼モデル RINYA81では樹種は全地域で同じものとする。

延焼モデル RINYA8Cでは別の方法で各地点の樹種分布を求めておく。

（データ名 SPEC.DAT）

なお、消防隊による消火効果はSPEC.DATの値を変えて延焼範囲を予測する。

(7)対象地域について地形を立体視して表示する場合にはその地域の標高データを実行ファイル(MMENU.N88）の入っているＦＤに事前に入れておく。

例　ＡドライブのＦＤからＢドライブのＦＤに地形データを転送する場合

COPY CIKEI3.DAT B:CHIKEI.DAT

（対象地域の標高データをCHIKEI3.DAT で表した）

（B） 標高データ作成

フロッピーディスクの操作	画面表示	キーボード操作	補足説明
A:VIP200			
B:空きフロッピィディスク リセット	A>	VIP	
	用意はできましたか?		
	(Y / N)	Y	
		-マウス操作となる-	
		アイコンの(新規)を左クリック	
	文書名	DATA	
		アイコンの(イメージスキャナー)を左クリック	
	密度 (180ドット/インチ)		
	モード(2値)	濃度の(普通)を左クリック	
	濃度(濃く)		
	ディザ(Aパターン)		
		マウスの矢印を中心に置き左クリック	
	-等高線の地形図表示-	・アイコンの(画面)を左クリック	一回目の修正開始
		・(1対8)を左クリック	
		・(鉛筆)マークを左クリック	
		-等高線の切れ目を鉛筆で修正-	
		・右クリック	
		・右クリック(画面に戻る)	
		・アイコンの(画面)を左クリック	
		・(1対1)を左クリック	
		-マウスにより画面全体を左上に移動させる-	
		・アイコンの(フロッピ2枚)のマークを左クリック	
		・アイコンの(登録)を左クリック	
		・アイコンの (終了) を左クリック	
		(A:のフロッピーにVIP.TMP保存)	
A:VIP200	A>	Y	地形データ(VIP.TMP)の切れ目
B:空きフロッピディスク		-マウス操作-	修正(2回目)開始
		・アイコンの読込	
		・アイコンの選択	
		・登録したファイル名指定	
	-等高線の地形図表示-	・アイコンの(画面)を左クリック	
		・(1対8)を左クリック	
		・(鉛筆)マークを左クリック	
		-等高線の切れ目を鉛筆で修正-	
		・右クリック	
		・右クリック(画面に戻る)	
		・アイコンの(画面)を左クリック	
		・(1対1)を左クリック	
		-マウスにより画面全体を左上に移動させる-	
		・アイコンの(フロッピ2枚)のマークを左クリック	
		・アイコンの(登録)を左クリック	
		・アイコンの (終了) を左クリック	修正終了
		(A:のフロッピーにVIP.TMP保存)	
A:HYOUKOU.BAS			標高読み取り開始
B:VIP200 リセット	A>	N88BASIC	

	OK	LOAD "HYOUKOU.BAS"	・
	OK	RUN	
	等高線間隔(m)は?	50	
	基準標高(m)は?	800	基準地点(左上隅)の標高
	サンプリング間隔(m)は?	50	1メッシュの幅
	修正しますか?YES=1 NO=0	0	
	- 等高線を表示 -	-マウス操作により等高線の間を色塗指定する- -地形の高低を理解し色分けする- 高い方向に(1-2-3-1・・) 青-赤-緑-青・・の順 低い方向に(1-3-2-1・・) 青-緑-赤-青・・の順 終了すると 数値の7を押す	(7,8,9)のいずれかでよい。
		終了結果はB:のCHIKEI.DATに入る 終了結果はB:のFNAME.DATに入る	CKIKEI.DAT:標高データ FNAME.DAT:傾斜角・方位データ

（C） 樹種データ作成

フロッピィの挿入	画面の表示	キーボードの操作	補足説明
A:JYUSYU.BAS B:VIP200	A>	N88BASIC	
	OK	load "JYUSYU.BAS"	
	OK	RUN	
	何日(時間)のデータをよみますか?	4	
	黒 0.0 青 0.1 赤 0.3 紫 0.5 (延焼速度比) 緑 0.7 水色 0.9 黄 1.0 修正しますか? (YES 1 NO 0)	0	樹種により延焼速度比を変える
	-図形表示- 色塗り	-マウス操作- 終了したら7をおす	
	OK	RUN	
	何日(時間)目のデータですか?	2	
	黒 0.0 青 0.1 赤 0.3 紫 0.5 (延焼速度比) 緑 0.7 水色 0.9 黄 1.0 修正しますか? (YES 1 NO 0)	0	樹種により延焼速度比を変える
	OK	RUN	
	-図形表示- 色塗り	-マウス操作- 終了したら7をおす	
	何日(時間)目のデータですか?	3	
	黒 0.0 青 0.1 赤 0.3 紫 0.5 (延焼速度比) 緑 0.7 水色 0.9 黄 1.0 修正しますか? (YES 1 NO 0)	0	樹種により延焼速度比を変える
	-図形表示- 色塗り	-マウス操作- 終了したら7をおす	
	OK	RUN	
	何日(時間)目のデータですか?	4	
	黒 0.0 青 0.1		樹種により延焼速度比を変える

	赤　0.3 黄　0.5　(道路速度比) 緑　0.7 水色　0.9 青　1.0 修正しますか? (YES 1　NO 0)	0		
	-図形表示- 色塗り	-マウス操作- 終了したら7を押す		
	ー約15分計算ー	結果はBドライブのJYUSYU.DATに作成される。		

(D) 立体地形図作成

ﾌﾛｯﾋﾟｰﾃﾞｨｽｸの挿入	画面の表示	ｷｰﾎﾞｰﾄﾞ操作	ｺﾒﾝﾄ
A:MS-DOS,MIFES	B>	MMENU	A>でB:とうつ
B:MMENU	1.ﾘｯﾀｲｽﾞﾉｻｸｾｲ(ﾌｧｲﾙ) 2.ﾘｯﾀｲｽﾞﾉｻｸｾｲ(ｽｳｶﾞｸｶﾝｽ) 3.ﾀﾞﾝﾒﾝｽﾞｻｸｾｲ(ﾌｱｲﾙ) 4.ﾀﾞﾝﾒﾝｽﾞｻｸｾｲ(ｽｳｶﾞｸｶﾝｽ) 0.ｵﾜﾘ	1	
	ﾃﾞｰﾀﾌｧｲﾙのﾅﾏｴ?	YUGAWA.DAT	
	ﾃﾞｰﾀﾌｧｲﾙには格子点の数があるか? <1:YES 0:NO>	1	
	1.ｲﾛﾃﾞｰﾀｦﾌｧｲﾙｯｶﾗﾖﾐﾄﾙ 2.ﾍｲｷﾝﾉﾀｶｻﾉｲﾛｸﾌﾞﾝ 3.ｻｲｺｳｻｲﾃｲﾉｲﾛｸﾌﾞﾝ 4.ｼﾃｲｽﾙﾏｽﾒﾉｲﾛｦｶｴﾙ 5.ｲﾛﾃﾞｰﾀｦﾌｧｲﾙﾆsaveする 0.ｵﾜﾘ	-(ﾘﾀｰﾝｷを押す)	
	ｻｸｽﾞﾉﾁｲｷ X[1,51]	- (上に同じ)	
	ｻｸｽﾞﾉﾁｲｷ Y[1,51]	-	
	Is it ok?<1:YES 0:NO>	1	
	al[30]	45	
	gm[30]	35	
	el[0]	0	
	Is it ok?<1:YES 0:NO>	1	
	図の拡大率[1]	1.5	
	基準の高さ[0]	0	
	高さの上の打ち切り	-	
	高さの下の打ち切り	-	
	高さの拡大率	1.5	
	Is it ok?<1:YES 0:NO>	1	
	1.skeleton ﾎﾈｸﾞﾐﾎｰ 2.uni-tile ﾀｲﾙﾎｰ(1) 3.color-tileﾀｲﾙﾎｰ(2) 0.ｾｯﾃｲﾍﾝｺｳ	3	
	格子線の色[6]	-	
	作業線の色[3]	-	
	Is it ok?<1:YES 0:NO>	1	
	-この時点で地形図を書く- (図を保存する場合には次のようにする) 1.color 2.b/w 3.CHILD 0.menu	(絵を保存する準備手続き) 3	

（E） 地形断面図の作成

ﾌﾛｯﾋﾟｰﾃﾞｨｽｸの操作	画面の表示	キーボードの操作
A:MMENU	A>	MMENU
	MAPSメニュー 1.ﾘｯﾀｲｽﾞ1 2.ﾘｯﾀｲｽﾞ2 3.ﾀﾞﾝﾒﾝｽﾞ1 4.ﾀﾞﾝﾒﾝｽﾞ2 0.ｵﾜﾘ	3
	ﾃﾞｰﾀﾌｧｲﾙﾉﾅﾏｴﾊ?	AIOI.DAT
	ﾊﾍﾞｶﾞｱﾘﾏｽｶ? <1:YES 2:NO >	1
	ｻｸｽﾞﾉﾎｳｺｳ XﾎｳｺｳW-E	-
	YﾎｳｺｳN-S	-
	Is it ok? <1:YES 2:NO >	1
	ﾋﾀﾞﾘﾁﾃﾝﾉｻﾞﾋｮｳ?	1,1
	ﾐｷﾞﾁﾃﾝﾉｻﾞﾋｮｳ?	51,51
	Is it ok? <1:YES 2:NO >	1
	断面方向作成 (CHILGD<Y/N>	N
	ｽﾞﾉｶｸﾀﾞｲﾘﾂ?	2
	ｷｼﾞｭﾝﾉﾀｶｻ?	0
	ｽｲﾍｲｼﾞｸﾉﾀｶｻ?	0
	ﾀｶｻﾉｶｸﾀﾞｲﾘﾂ?	2
	Is it ok? <1:YES 2:NO >	1
	type of profiles 1.オレセン 2.spline 3.polygon 4.poligone+spline 5.change setting	3
	断面図作成 <1:color 2:b/w 3:child>	3
	A>	GSAVE DANNMENN.FRM (A:に保存)

（F） 風の場の予測

手順

1.対象地域の標高データをPC-9801からMICRO-VAXに送る

2.プログラムの一部を変更

3.対象地域の風の場の計算

4.計算結果をMICRO-VAXからPC-9801に送り、観測地点を選定する計算を行う

フロッピディスクの操作	画面の表示	キーボードの操作
A:MICRO-VAX1 B:MICRO-VAX2 を入れてリセット		
	A>	B:NET
	操作の選択 1.ターミナルモード 2.ファイル管理 3.終了	1
	VTシミュレーション	-
	空白	AT
	AT OK	ATDP 122
	connect	- - (リターンキー2回)
	Welcome to Micro-Vax Username	YAMASITA(登録した名前)
	$	f･10
	操作の選択 1.ターミナルモード 2.ファイル管理 0.終了	2
	New Username	-
	File Control Process 1.VAX11 PC9801 2.PC9801 VAX11 ･･････ 0.終了	2
	From PC-File Name	CHIKEI.DAT
	To VAX-File Name	CHIKEI.DAT
	TEXT 1 BINARY 2	1(リターンキーはおさないこと)
Aドライブのフロッピディスク をCHIKEI.DATのはいった フロッピーディスクに交換		- (約10分間で送る) PC-9801からMICRO-VAXへ
	続けてVAXへファイルを転送しますか? Yes or No	NO
	File Control Process 1.VAX PC9801 2.PC-9801 VAX 0.終了	0
	操作の選択 1.ターミナルモード 2.ファイル管理	1

	0.終了	
	VTシミュレーション	− −(リターンキを2回)
	$	DIR
		(CHIKEI.DATが送られているのを確認)
Aドライブのフロッピーデスクを フロッピーディスクVAX1に交換	$	DEL WINDY2.OBJ
	$	DEL UVW.RES
	$	DEL WIND.UVW
	$	DEL GWFIL.LOG;*
	$	DEL GWFILTRC.LOG
	$	DEL SAVE_SYS$*.*
	$	COPY CHIKEI.DAT MAP.KIRYU
	$ WINDY2.FORのプログラムが表示されるので必要箇所の修正 主な修正箇所	EDIT WINDY2.FOR
	DX=50,DDX=50 DY=50,DDY=50 50の値を75か100に変更	終了すると Control+Zを押す
	*	EXIT
	$	FOR WINDY2.FOR
	$	LINK WINDY2
	$	RUN WINDY2
	LAST TIME は?	4 (時間)
	WIND DIRECTION,	3(出火時の風向)
		5(地上風速)
		9(上空風速)
	WINd DIRECTION	5(1時間目の風向)
		6(地上風速)
		10(上空風速)
	WIND DIRECTION	4(2時間目の風向)
		8(地上風速)
		15(上空風速)
	WIND DIRECTION	6(3時間目の風向)
		6(地上風速)
		12(上空風速) (約2時間で計算終了)
	$	f・10キーを押す
	動作の選択 1.ターミナルモード 2.ファイル管理 0.終了	2
	New Username	-
	File Control Process 1.VAX11 PC9801 2.PC-9801 VAX11 ·······	1

	0.終了	
	VAX FILE NAME?	UVW.RES
	PC FILE NAME?	UVW.RES
	TEXT 1 BINARY 2 INPUT=	1
	1.VAX11 PC9801 2.PC-9801 VAX11 3. 0.終了	0
	$	lo (MICRO-VAXによ[illegible]了)
	A>	COPY UVWSPOT.EXE C:
	A>	COPY UVW.RES C:
	A>	C:
	C>	UVWSPOT
		UVWSPOT.RESというファイル 名で[illegible]される.

（G）　森林内部の風の場の予測

フロッピーディスクの導入	画面の表示	キーボードの操作
A:¥I2.EXE 対象地域の風のデータを入れる (計算機VAXで計算)	A>	¥I2
	風のデータの名前は?	UV¥.RES
	変換値の名前は?	UV¥1.RES
	収束予測時間は?	4
	林冠の密閉度のデータの名前は?	ZZ
	樹木の高さのデータの名前は?	AA
		結果はUV¥1.RESに記録

(H) 強風地点の予測

(方法) 計算時間を短くするため地形データ、風のデータ及び計算プログラムをAドライブからCドライブに送りCドライブで計算し、その結果を画面に表示しプリンターに印刷する。

フロッピディスクの操作	画面の表示	キーボードの操作
A:UV¥SPOT.EXE	A>	COPY CHIKEI.DAT C:
	A>	COPY UV¥.RES C:
	A>	COPY UV¥SPOT.EXE C:
	A>	COPY ¥ARCF.EXE C:
	A>	C:
	C>	UV¥SPOT
	強風地点の選出(1時間) 飛火の発生する最低風速は?	8
	最低風速は(8m/s)でいいか YES 1 NO 2	1
	計算中	
	強風地点の選出(2時間) 飛火の発生する最低風速は?	8
	最低風速は(8m/s)でいいか YES 1 NO 2	1
	計算中	
	強風地点の選出(3時間) 飛火の発生する最低風速は?	8
	最低風速は(8m/s)でいいか YES 1 NO 2	1
	計算中	
	強風地点の選出(4時間)	
	飛火の発生する最低風速は?	8
	最低風速は(8m/s)でいいか YES 1 NO 2	1
	計算中	
	.... Program Terminated	
	C>	¥ARCF
	地形データの名前を入れて下さい。	CIKEI.DAT
	.... -等高線図に風の場を表示-	
	ハードコピーをとりますか? YES 1 NO 2	2
	ProgramTerminated C>	COPY UV¥SPOT.RES A:
		(Aドライブに風の場の計算結果が記録される)

（I） 延焼拡大予測（延焼モデル RINYA81.EXE）

フロッピィディスク操作	画面の表示	キーボード操作	コメント
A:MS-DOS,MIFES B:MMENUでたちあげ (最初 A>B:とする)	B>	RINYA81	開始
	メッシュの大きさ? 終了ならば0	44	
	出火点ナンバー1 X座標をいれて下さい	34	出火箇所が一つの例
	Y座標をいれて下さい	32	
	出火点ナンバー2 X座標をいれて下さい	0	
	Y座標をいれて下さい	0	
	最終予測時間は?	300	単位は分で表わす
	0分の風向は?	E	
	0分の風速は?	2	時間毎の風向風速
	飛火のX座標は?	0	及び飛火情報
	飛火のY座標は?	0	
	飛火の発生時刻は?	0	
	60分の風向は?	E	
	60分の風速は?	2	
	飛火のX座標は?	0	
	飛火のY座標は?	0	
	飛火時刻は?	0	
	180分の風向は?	E	
	180分の風速は?	3	
	飛火のX座標は?	0	
	飛火のY座標は?	0	
	飛火時刻は?	0	
	(最終予測時間までのデータを入れると自動的に計算) ・・・・・・・・・・ ・・・・・・・・・・ ・・・・・・・・・・ (最後に各時間の風向風速を表示)	・・・・・・・・・・・・・・ ・・・・・・・・・・・・・・ ・・・・・・・・・・・・・・	
	メッシュの大きさは? 終了ならば0	0	終了
		(この段階でB:のフロッピィに予測結果が入る) ファイル名:ENSYOU.RES	

（J） 延焼拡大予測（延焼モデル RINYA8C. EXE）

フロッピィディスクの挿入	画面の表示	キーボード操作	コメント
事前の準備（各地点のデータ作成） ・傾斜角、傾斜方向計算 (FNAME.DAT) ・対象地域の風の計算 (UVW.RES) (UVWSPOT.RES) ・対象地域の樹種分布 (SPEC.DAT) 上の各種データを計算し、MMENUのフロッピィにいれる。		・プログラムFLCNVを使用 （標高データから作成） ・計算機マイクロバックスによりプログラムWINDY.FORを使用 ・プログラムARC.FORを使用 ・JYUSYU.BASを使用	
A:MS-DOS,MIFES B:MMENU (A>B:とうつ)	B>	RINYA8C	開始.
	メッシュの大きさ? 終了ならば0	44	
	出火点ナンバー1 X座標をいれて下さい	34	
	Y座標をいれて下さい	32	
	出火点ナンバー2 終了ならば0，0 X座標をいれて下さい	0	
	Y座標をいれて下さい	0	
	最終予測時間は?	480	
	．．．．．．．．．．． ．．飛火情報を表示 ．．．．．．．．．．．	（自動的に計算） ．．．．．．．．．．．．． ．．．．．．．．．．．．． ．．．．．．．．．．．．．	
	メッシュの大きさは? 終了ならば0	0	終了
		(Bドライブのファイル名 ENSYOU.RES に計算結果がはいる。)	

（K） 拡大予測結果の立体表示

ﾌﾛｯﾋﾟｰﾃﾞｨｽｸの挿入	画面の表示	ｷｰﾎﾞｰﾄﾞ操作	ｺﾒﾝﾄ
A:MS-DOS,MIFES B:MMENU	B>	MMENU	A>でB:とうつ
	1.ﾘｯﾀｲｽﾞﾉｻｸｾｲ(ﾌｧｲﾙ) 2.ﾘｯﾀｲｽﾞﾉｻｸｾｲ(ｽｳｶﾞｸｶﾝｽ) 3.ﾀﾞﾝﾒﾝｽﾞｻｸｾｲ(ﾌｧｲﾙ) 4.ﾀﾞﾝﾒﾝｽﾞｻｸｾｲ(ｽｳｶﾞｸｶﾝｽ) 0.ｵﾜﾘ	1	
	ﾃﾞｰﾀﾌｧｲﾙﾉﾅﾏｴ?	YUGAWA.DAT	
	ﾃﾞｰﾀﾌｧｲﾙには格子点の数があるか? <1:YES 0:NO>	1	
	1.ｲﾛﾃﾞｰﾀｦﾌｧｲﾙｶﾗﾖﾐﾄﾙ 2.ﾍｲｷﾝﾉﾀｶｻﾉｲﾛｸﾌﾞﾝ 3.ｻｲｺｳｻｲﾃｲﾉｲﾛｸﾌﾞﾝ 4.ｼﾃｲｽﾙﾏｽﾒﾉｲﾛｦｽｴﾙ 5.ｲﾛﾃﾞｰﾀｦﾌｧｲﾙにsaveする 0.ｵﾜﾘ	1	
	ﾃﾞｰﾀﾌｧｲﾙﾉﾅﾏｴ?	ENSYOU.RES	
	1.ｲﾛﾃﾞｰﾀｦﾌｧｲﾙｯｶﾗﾖﾐﾄﾙ 2.ﾍｲｷﾝﾉﾀｶｻﾉｲﾛｸﾌﾞﾝ 3.ｻｲｺｳｻｲﾃｲﾉｲﾛｸﾌﾞﾝ 4.ｼﾃｲｽﾙﾏｽﾒﾉｲﾛｦｽｴﾙ 5.ｲﾛﾃﾞｰﾀｦﾌｧｲﾙにsaveする 0.ｵﾜﾘ	-(ﾘﾀｰﾝｷを押す)	
	ｻｸｽﾞﾉﾁｲｷ X[1,51]	- (上に同じ)	
	ｻｸｽﾞﾉﾁｲｷ Y[1,51]	-	
	Is it ok?<1:YES 0:NO>	1	
	al[30]	45	
	gm[30]	35	
	el[0]	0	
	Is it ok?<1:YES 0:NO>	1	
	図の拡大率[1]	1.5	
	基準の高さ[0]	0	
	高さの上の打ち切り	-	
	高さの下の打ち切り	-	
	高さの拡大率	1.5	
	Is it ok?<1:YES 0:NO>	1	
	1.skeleton ﾎﾈｸﾞﾐﾎｰ 2.uni-tile ﾀｲﾙﾎｰ(1) 3.color-tileﾀｲﾙﾎｰ(2) 0.ｾｯﾃｲﾍﾝｺｳ	3	
	格子線の色[6]	-	
	作業線の色[3]	-	
	Is it ok?<1:YES 0:NO>	1	
	-この時点で鳥瞰図を書く- (図を保存する場合には次のようにする) 1.color 2.b/w 3.CHILD 0.menu	(絵を保存する準備手続き) 3	

（L） 拡大予測結果に対する情報追加

フロッピィディスクの挿入	画面の表示	キーボード操作
A:MMENU -前の操作に続く-	CRT画面に立体画像を表示	
	1:color 2:b/w 3:CHILD 0:menu	3 (MS-DOS操作に移る)
A:SKELETON B:空きフロッピィディスク	A>	GSAVE YUGA1 (A:にYUGA1.FRMファイルの保存)
	A> (地形図の表示)	GLOAD YUGA1
	A>	SKELETON [ここでマウス操作になる]
		マウスで(BRUSH)を左クリック
		筆の幅、筆の色を選定して作図(マウス操作) -作画追加修正-マウス操作 左クリック
		終了時点でメニュの(FIX)を左クリック
		(EXIT)を左クリック
	終了してよいか?	(YES)を左クリック
	A>	GSAVE YUGAWA (YUGAWA.FRM)を作成
A:SKELETON B:花子のフォントディスク リセット	A>	B:IMUT
	<イメージ・カッター画面>	
	プログラム名	GLOAD A:YUGAWA.FRM
	カッターキー	f1
	ファイル名	A:YUGAWA
	<実行 終了>	(実行)を点灯しリターンキー
		画像が出てきたら(f1)キーを押す
		-ボタン操作で切り取り範囲設定- (左上隅)の箇所でリターンキー (右下隅)の箇所でリターンキー
	<イメージカッター画面> <実行 終了)>	(終了)を左クリック
		(YUGAWA.DRHを作成) (スケルトンのフロッピィに作成)
A:花子のシステム B:スケルトン リセット	A>	hana
		—マウスの操作— ・(ファイル)を左クリック
		・(YUGAWA.DHR)を左クリック
		・(編集)を左クリック
		・イメージ編集を左クリック ・範囲を指定を左クリック ・反転を左クリック ・実行を左クリック
		・(ファイル)を左クリック

		・保存を左クリック ・リターンキーを押す ・オーバーライト可を押す
		・(終了) (YUGAWA.$RHがSKELETONに保存)

(M)　プログラム修正法

フロッピィの挿入	画面の表示	キーボード操作	コメント
A:MS-DOS,マイフェス B:延焼予測プログラム リセット			
	A>	MI	マイフェス起動
	B:ドライブのプログラム表示	-RINYA8C.FORを指定-	修正するプログラム
	プログラム(フォートラン)表示	-必要個所の修正-	
		終了はf1キーをおす	
		E	修正したプログラム保存
	A>	F77 B:RINYA8C/J	コンパイル開始
	A>	PROLINK B:RINYA8C,F77LIB/S -約5分でコンパイル終了-	リンク開始
	A>	B:	
	B>	RINYA8P	新しいプログラム起動

付　属　資　料　II

（プログラムリスト）

（B）　標高データ自動読み取りのプログラム

（C）　樹種データ自動読み取りのプログラム

（D）　立体地形図作成プログラムは原書参照
　白岩隆巳、田中正央、藤森博美；実例パソコン立体地図、講談社

（E）　地形断面図作成のプログラムは原書参照
　白岩隆巳、田中正央、藤森博美；実例パソコン立体地図、講談社

（F）　複雑地形周辺の風の場の予測は原論文参照のこと
　吉川友章等：大気中に放出された放射性物質拡散の即時予測システム開発に関する研究：気象庁気象研究所　研究所報告

（G）　省略

（H）　強風地点の予測のプログラム

（I）　原論文参照のこと
　自治省消防庁：林野火災拡大危険区域予測調査（昭和59年度）報告書

（J）　延焼拡大予測　プログラム

（K）　延焼予測結果の立体表示は原書参照
　白岩隆巳、田中正央、藤森博美；実例パソコン立体地図、講談社

（L）　省略

（M）　省略

(B)　標高データ自動読み取りのプログラム

```
4    CLS 3:CLEAR 1000
5    DEF SEG=SEGPTR(2)
10 DIM ALSUMY(399)
20 DIM ALSUMX(399)
23 *SYOKINYU
25 INPUT "等  高  線  間  隔 (m)= ";HGT
26 INPUT "基   準   高   度  (m)= ";ALSUMY(0)
27 INPUT "サンフ゜リンク゛間隔 (m)= ";B
30 PRINT "                              "
37 *SYOKISAI
40 INPUT "*** 訂正しますか？ : ＹＥＳ＝１，ＮＯ＝０";QUEST
41 IF QUEST<>1 AND QUEST<>0 GOTO *SYOKISAI
43 CLS 3
44 IF QUEST=1 GOTO *SYOKINYU
60 '
142  MAPS=0:MOUSES=3:ERSS=6:SP%=SEGPTR(5):BW%=-1:K%=0
143  CONSOLE ,,0,1
144  SCREEN 3,0,0,1
145  BLOAD "n8.bin"
146  X%=1
147  Y%=1
148  FL$="B:VIP.TMP"
150  CALL MAPS(BW%,FL$,SP%,X%,Y%)
157  *IRONURI
160  CALL MOUSES(X%,Y%,K%)
170  IF K%>=7 GOTO *EEE
180  PAINT (X%,Y%),K%,7
190  GOTO *IRONURI
200  *EEE
210  CALL ERSS
220   PRINT "":PRINT ""
221   PRINT "た" :PRINT "":PRINT ""
222   PRINT "だ" :PRINT "":PRINT ""
223   PRINT "今" :PRINT "":PRINT ""
224   PRINT "計" :PRINT "":PRINT ""
225   PRINT "算" :PRINT "":PRINT ""
226   PRINT "中" :PRINT "":PRINT ""
227   PRINT "！"
295  DIM SUM(50,50)
305 M=0
306 FOR K=0 TO 398
308      SIRO=POINT(121,K+1) : UIRO=POINT(121,K)
309     IF UIRO=0 OR UIRO=7 THEN GOSUB *IROHY
320    IF SIRO=UIRO THEN ALSUMY(M+1)=ALSUMY(M)
330    IF SIRO=2 AND UIRO=1 THEN ALSUMY(M+1)=ALSUMY(M)+HGT
331    IF SIRO=2 AND UIRO=3 THEN ALSUMY(M+1)=ALSUMY(M)-HGT
332    IF SIRO=3 AND UIRO=2 THEN ALSUMY(M+1)=ALSUMY(M)+HGT
333    IF SIRO=3 AND UIRO=1 THEN ALSUMY(M+1)=ALSUMY(M)-HGT
334    IF SIRO=1 AND UIRO=3 THEN ALSUMY(M+1)=ALSUMY(M)-HGT
335    IF SIRO=7 OR  SIRO=0 THEN ALSUMY(M+1)=ALSUMY(M)
337    IF SIRO=1 AND UIRO=2 THEN ALSUMY(M+1)=ALSUMY(M)-HGT
339      M=M+1
340 NEXT K
341 FOR K=0 TO 49
342   SUM(0,K)=ALSUMY(8*K)
343 NEXT K
344   SUM(0,50)=ALSUMY(399)
350  '
360 FOR J=0 TO 50
370      ALSUMX(0)=SUM(0,J)
375      M=0
377      IF J=50 GOTO *LAST
380    FOR I=121 TO 519
390        IIRO=POINT(I+1,J*8) : MIRO=POINT(I,J*8)
395       IF MIRO=0 OR MIRO=7 THEN GOSUB *IROHX
400      IF IIRO=MIRO THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)
410      IF IIRO=2 AND MIRO=1 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)+HGT
420      IF IIRO=1 AND MIRO=2 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)-HGT
421      IF IIRO=3 AND MIRO=2 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)+HGT
422      IF IIRO=2 AND MIRO=3 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)-HGT
423      IF IIRO=1 AND MIRO=3 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)+HGT
424      IF IIRO=3 AND MIRO=1 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)-HGT
426      IF IIRO=0 OR  IIRO=7 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)
428       M=M+1
431    NEXT I
433   GOTO *IREKAE
```

```
434 *LAST
435    FOR I=121 TO 519
436        IIRO=POINT(I+1,399) : MIRO=POINT(I,399)
437       IF MIRO=0 OR MIRO=7 THEN GOSUB *IROHX
441      IF IIRO=MIRO THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)
442      IF IIRO=2 AND MIRO=1 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)+HGT
443      IF IIRO=1 AND MIRO=2 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)-HGT
444      IF IIRO=3 AND MIRO=2 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)+HGT
445      IF IIRO=2 AND MIRO=3 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)-HGT
446      IF IIRO=1 AND MIRO=3 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)+HGT
447      IF IIRO=3 AND MIRO=1 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)-HGT
449      IF IIRO=0 OR  IIRO=7 THEN ALSUMX(M+1)=ALSUMX(M)
450       M=M+1
451    NEXT I
453 *IREKAE
454   FOR L=0 TO 49
465     SUM(L,J)=ALSUMX(L*8)
466   NEXT L
467     SUM(50,J)=ALSUMX(399)
469 NEXT J
480 GOTO *ZENHOSEI
499 '
807 FOR J=0 TO 399
999 *ZENHOSEI
1000 DIM SUMR(50,50)
1010 FOR J=0 TO 50
1020     FOR I=0 TO 50
1030       BASEH=SUM(I,J)
1040       GOSUB *XLEFTCC
1050       GOSUB *XRIGTCC
1060       GOSUB *YUPCC
1070       GOSUB *YDWNCC
1071 'PRINT "I=";I:PRINT"J=";J:PRINT "BASEH=";BASEH:PRINT "PXL=";PXL
1072 '                    PRINT "PXR=";PXR:PRINT "PYU=";PYU:PRINT "PYD=";PYD
1073 'PRINT "CL=";CXL:PRINT "CR=";CXR:PRINT "CU=";CYU:PRINT "CD=";CYD
1085       HI1=0:HI2=0:CD1=CYU+CYD:CD2=CXR+CXL
1088        S=1
1090        IF PXL=PXR THEN S=S+1
1100        IF PXL=PYU THEN S=S+1
1110        IF PXL=PYD THEN S=S+1
1120         IF S=4 THEN MAXH=PXL ELSE MAXH=BASEH+HGT
1135  '
1140        BRE=HGT/1.5
1143        HRE=BRE*(1-ABS(CXR-CXL)/CD2)
1146        HREY=BRE*(1-ABS(CYD-CYU)/CD1)
1160  '
1175       HRETT=(HRE+HREY)/2
1180        IF S=4 GOTO *KAKOMI
1190 '
1197       IF PXL=PXR AND PYU>PYD THEN HI1=HGT*CYD/CD1
1199 '
1207       IF PXL=PXR AND PYU<PYD THEN HI1=HGT*CYU/CD1
1209 '
1217       IF PYU=PYD AND PXR>PXL THEN HI2=HGT*CXL/CD2
1219 '
1227       IF PYU=PYD AND PXR<PXL THEN HI2=HGT*CXR/CD2
1229 '
1230        IF HI1=0 THEN TAKASA=BASEH+HI2
1240        IF HI2=0 THEN TAKASA=BASEH+HI1
1245        IF HI1><0 AND ABS(PYU-PYD)=HGT THEN TAKASA=BASEH+HI1/2
1246        IF HI2><0 AND ABS(PXL-PXR)=HGT THEN TAKASA=BASEH+HI2/2
1250        IF HI1<>0 AND HI2<>0 THEN TAKASA=BASEH+(HI1+HI2)/2
1255        IF HI1=0 AND HI2=0 THEN GOSUB *HISYU
1256        GOTO *DAINYUDA
1271 '
1284 *DAINYUDA
1285        GOTO *DAINYU
1290      '
1295 *KAKOMI
1350       IF BASEH>MAXH THEN TAKASA=BASEH+HRETT
1360       IF BASEH<MAXH THEN TAKASA=BASEH-HRETT+HGT
1390      '
1395 *DAINYU
1400       SUMR(I,J)=FIX(TAKASA+.5)
1405 ' PRINT "SUM=";SUMR(I,J)
1410      '
```

```
1420    NEXT I
1430 NEXT J
1435   CLS 1
1440 GOTO *DATASAKUSEI
1445 '
1999 *DATASAKUSEI
2000 OPEN "B:CHIKEI.DAT" AS # 1
2003 NA$="REM"
2005 II=100
2008 A=51
2037 '
2050 PRINT #1,USING "###";II;
2051 PRINT #1,USING " @";NA$;
2052 PRINT #1,USING " ####";A;
2053 PRINT #1,USING ",####";A,B,B;
2058 PRINT #1,
2060 II=II+1
2070 FOR L=50 TO 0 STEP -1
2080   FOR K=0 TO 3
2090     II=II+1
2093     KS=K*10 :KLK=KS
2094     KE=KS+9
2097     PRINT #1,USING "###";II;
2098     PRINT #1,USING " @";NA$;
2100       FOR KK=KS TO KE
2107         IF KK=KLK THEN PRINT #1,USING " ####";SUMR(KK,L);
2108         IF KK<>KLK THEN PRINT #1,USING ",####";SUMR(KK,L);
2110       NEXT KK
2115     PRINT #1,
2118   NEXT K
2120   II=II+1
2123     PRINT #1,USING "###";II;
2125     PRINT #1,USING " @";NA$;
2126       FOR KK=40 TO 50
2155         IF KK=40 THEN PRINT #1,USING " ####";SUMR(KK,L);
2157         IF KK<>40 THEN PRINT #1,USING ",####";SUMR(KK,L);
2165       NEXT KK
2170     PRINT #1,
2175 NEXT L
2180  END
2200 '
2800 *JYOGE
2810   IF MTIRO=1 AND HENIRO=2 THEN DAIIRO=BASEH+HGT
2820   IF MTIRO=2 AND HENIRO=3 THEN DAIIRO=BASEH+HGT
2830   IF MTIRO=3 AND HENIRO=1 THEN DAIIRO=BASEH+HGT
2840   IF MTIRO=2 AND HENIRO=1 THEN DAIIRO=BASEH-HGT
2850   IF MTIRO=3 AND HENIRO=2 THEN DAIIRO=BASEH-HGT
2860   IF MTIRO=1 AND HENIRO=3 THEN DAIIRO=BASEH-HGT
2870   IF MTIRO=HENIRO THEN DAIIRO=BASEH
2880 RETURN
3200 *IROHX
3210   FOR P=I TO 0 STEP -1
3220     IF J=50 THEN IRX=POINT(P,399) ELSE IRX=POINT(P,J*8)
3230    IF IRX<>0 AND IRX<>7 GOTO *HAKKENX
3240   NEXT P
3250   *HAKKENX
3260    MIRO=IRX
3270 RETURN
3280 '
3300 *IROHY
3310   FOR Q=K TO 0 STEP -1
3320     IRY=POINT(121,Q)
3330    IF IRY<>0 AND IRY<>7 GOTO *HAKKENY
3340   NEXT Q
3350   *HAKKENY
3360    UIRO=IRY
3370 RETURN
3545 '
3850 *HISYU
3854     IHANTEI=0
3855  IF PXL=PXR AND PYU=PYD THEN GOSUB *AIDAPNT
3856  IF IHANTEI=1 THEN GOTO *IRETN
3865  IF PXL>PXR THEN HI4=HGT*CXR/CD2
3875  IF PXR>PXL THEN HI4=HGT*CXL/CD2
3885  IF PYU>PYD THEN HI5=HGT*CYD/CD1
3895  IF PYD>PYU THEN HI5=HGT*CYU/CD1
```

```
3900 '
3902  TAKASA=BASEH+CD1*HI4/(CD1-CD2)-CD2*HI5/(CD1-CD2)
3908  *IRETN
3910 RETURN
3920 '
3930 *XLEFTCC
3935      E=0
3940     IF J=50 THEN PP=399 ELSE PP=J*8
3945     IF I=50 THEN QQ=520 ELSE QQ=121+8*I
3950      XXIRO=POINT(QQ,PP):MTIRO=XXIRO
3960     FOR U=QQ TO 121 STEP -1
3970      IF POINT(U,PP)=0 OR POINT(U,PP)=7 GOTO *TOLC
3980      IF POINT(U,PP)<>XXIRO GOTO *MIKKELC
3990     *TOLC
4000      E=E+1
4010     NEXT U
4020     *MIKKELC
4025       HENIRO=POINT(U,PP)
4030     CXL=E
4033       GOSUB *JYOGE
4036     PXL=DAIIRO
4040 RETURN
4045 '
4050 *XRIGTCC
4060      E=0
4070     IF J=50 THEN PP=399 ELSE PP=J*8
4075     IF I=50 THEN QQ=520 ELSE QQ=121+8*I
4080      XRIRO=POINT(QQ,PP):MTIRO=XRIRO
4090     FOR U=QQ TO 520 STEP 1
4100      IF POINT(U,PP)=0 OR POINT(U,PP)=7 GOTO *TORC
4110      IF POINT(U,PP)><XRIRO GOTO *MIKKERC
4120     *TORC
4130      E=E+1
4140     NEXT U
4150     *MIKKERC
4155       HENIRO=POINT(U,PP)
4160     CXR=E
4163       GOSUB *JYOGE
4166     PXR=DAIIRO
4170 RETURN
4175 '
4180 *YUPCC
4190      E=0
4200     IF I=50 THEN QQ=520 ELSE QQ=121+I*8
4205     IF J=50 THEN PP=399 ELSE PP=J*8
4210      YUIRO=POINT(QQ,PP) :MTIRO=YUIRO
4220     FOR U=PP TO 0 STEP -1
4230      IF POINT(QQ,U)=0 OR POINT(QQ,U)=7 GOTO *TOUC
4240      IF POINT(QQ,U)><YUIRO GOTO *MIKKEUC
4250     *TOUC
4260      E=E+1
4270     NEXT U
4280     *MIKKEUC
4285       HENIRO=POINT(QQ,U)
4290     CYU=E
4293       GOSUB *JYOGE
4296     PYU=DAIIRO
4300 RETURN
4305 '
4310 *YDWNCC
4320      E=0
4330     IF I=50 THEN QQ=520 ELSE QQ=121+I*8
4340     IF J=50 THEN PP=399 ELSE PP=J*8
4350      YDIRO=POINT(QQ,PP):MTIRO=YDIRO
4360     FOR U=PP TO 399 STEP 1
4370      IF POINT(QQ,U)=0 OR POINT(QQ,U)=7 GOTO *TODC
4380      IF POINT(QQ,U)><YDIRO GOTO *MIKKEDC
4390     *TODC
4400      E=E+1
4410     NEXT U
4420     *MIKKEDC
4425       HENIRO=POINT(QQ,U)
4430     CYD=E
4433       GOSUB *JYOGE
4436     PYD=DAIIRO
4440 RETURN
```

```
4445 '
4450 *ISYUI
4460    IF PYU=PYD THEN GOTO *ENKOI
4470      IF PYU>PYD THEN HI6=HGT*CYD/CD1
4480      IF PYU<PYD THEN HI6=HGT*CYU/CD1
4490        TAKASA=BASEH+HI6
4500        GOTO *ISYUEN
4510    *ENKOI
4520      IF BASEH>PYU  THEN TAKASA=BASEH+HREY
4530      IF BASEH<PYU  THEN TAKASA=BASEH-HREY+HGT
4600    *ISYUEN
4610 RETURN
4620 '
4650 *JSYUI
4660    IF PXR=PXL THEN GOTO *ENKOJ
4670      IF PXL>PXR THEN HI7=HGT*CXR/CD2
4680      IF PXL<PXR THEN HI7=HGT*CXL/CD2
4690        TAKASA=BASEH+HI7
4700        GOTO *JSYUEN
4710    *ENKOJ
4720      IF BASEH>PXR  THEN TAKASA=BASEH+HRE
4730      IF BASEH<PXR  THEN TAKASA=BASEH-HRE+HGT
4800    *JSYUEN
4810 RETURN
4820 '
4900 *AIDAPNT
4910   IHANTEI=1
4920   IF PXL>PYU THEN TAKASA=BASEH+HGT-HRE
4930   IF PYU>PXL THEN TAKASA=BASEH+HGT-HREY
4940   '
4950 RETURN
4960 '
```

```
; by D.Kozeki
.286c
code    segment
        assume  cs:code,ds:code
        org     0h
sub1:   jmp     near ptr maps
sub2:   jmp     near ptr mouses
sub3:   jmp     near ptr erass
maps:   pusha

; CALL MAPS(VIP$,SP%,X%,Y%)
; 地図ファイル名読み込み
        les     si,dword ptr [bx+8]
        mov     ax,es:[si]
        les     si,dword ptr [bx+12]
        mov     ch,0
        mov     cl,es:[si]
        cmp     byte ptr es:[si+1],0
        jne     t1
        mov     ax,dx
t1:
t2:     mov     di,offset fname
        mov     si,es:[si+2]
        mov     es,ax
lp1:    mov     al,es:[si]
        mov     cs:[di],al
        inc     si
        inc     di
        loop    lp1
;main:
; X%の値取得
        les     si,dword ptr [bx+4]
        mov     ax,es:[si]
        mov     cs:xpos,ax
; Y%の値取得
        les     si,dword ptr [bx]
        mov     ax,es:[si]
        mov     cs:ypos,ax

        les     si,dword ptr [bx+16]
        mov     ax,es:[si]
        cmp     ax,0
        je      bw1
        mov     ax,-1
bw1:    mov     cs:bw,ax

        push    cs
        pop     ds

; ファイルオープン
        mov     ah,3dh
        mov     dx,offset fname
        mov     al,0
        int     21h
        jnc     nxt1
        jmp     short error
nxt1:   mov     fhdl,ax
        mov     remn,0
        mov     ax,offset buff
        mov     dpos,ax

        mov     ax,ypos
        dec     ax
        mov     bx,162
        imul    bx
        mov     bx,xpos
        dec     bx
        add     ax,bx
        adc     dx,0
        mov     cx,dx
        mov     dx,ax
        mov     al,0
        mov     ah,42h
        mov     bx,fhdl
        int     21h

        mov     si,400
        mov     di,0
nxt2:   mov     cx,40
lp3:    call    getdt
        mov     es,b_pln
        mov     es:[di],dx
        mov     es,r_pln
        mov     es:[di],dx
        mov     es,g_pln
        mov     es:[di],dx
        inc     di
        inc     di
        loop    lp3
        dec     si
        cmp     si,0
        je      nxt3
        mov     cx,41
lp2:    call    getdt
        loop    lp2
        jmp     nxt2

error:  mov     dx,offset emsg
        mov     ah,09h
        int     21h
        jmp     short quit
nxt3:
        mov     ah,3eh
        mov     bx,fhdl
        int     21h
quit:   popa
        iret
getdt   proc    near
        push    cx
        cmp     remn,0
        jne     nxt4
        mov     ah,3fh
        mov     bx,fhdl
        mov     cx,512
        mov     dx,offset buff
        int     21h
        mov     remn,ax
        mov     ax,offset buff
        mov     dpos,ax
nxt4:   mov     bx,dpos
        mov     dx,[bx]
        xor     dx,bw
        inc     dpos
        inc     dpos
        dec     remn
        dec     remn
        pop     cx
        ret
getdt   endp

; CALL MOUSES(X%,Y%,K%)

mouses: pusha
        mov     cs:savebx,bx
        mov     cs:saveds,ds

        push    cs
        pop     ds

        cmp     mouse,1
        je      ms1
        mov     ax,0h
        int     33h
        inc     mouse
ms1:    mov     ax,01h
        int     33h
mslp1:  mov     dl,0ffh
        mov     ah,06h
        int     21h
        jz      mslp1
        cmp     al,'0'
        jl      mslp1
        cmp     al,'8'
        jg      mslp1
```

```
        sub     al,'0'
        mov     color,al
        mov     ax,03h
        int     33h
        mov     xpos,cx
        mov     ypos,dx
        mov     ax,02h
        int     33h
        mov     bx,offset savebx
        les     si,dword ptr [bx]
        lds     bx,es:dword ptr [si]
        mov     al,cs:color
        mov     ah,0
        mov     [bx],ax
        lds     bx,es:dword ptr [si+4]
        mov     ax,cs:ypos
        mov     [bx],ax
        lds     bx,es:dword ptr [si+8]
        mov     ax,cs:xpos
        mov     [bx],ax
        popa
        iret

erass:  pusha
;*******************************************
;*******************************************
.xlist
cyset   macro   x
        local   l1,l2
        mov     es,x
        test    es:[si],bx
        jz      l1
        stc
        jmp     short l2
l1:     clc
l2:     rcl     dl,1
        endm

setcol  macro   x       ;白専用
        local   l1
        shr     dl,1
        jc      l1
        mov     es,x
        xor     es:[si],bx
l1:
        endm

setcol2 macro   x       ;汎用
        local   l1,l2
        mov     es,x
        mov     ax,bx
        shr     dl,1
        jc      l1
        not     ax
        and     es:[si],ax
        jmp     short l2
l1:     or      es:[si],ax
l2:
        endm
;*******************************************
;*******************************************
.sall
.list

        push    ds
        push    es

        push    cs
        pop     ds

        xor     si,si           ;pln_offset
        mov     bx,80h
        mov     di,400          ;y rep.
ers_l3: mov     ch,40           ;x rep.
        xor     dh,dh           ;init. col
ers_l2:
        mov     cl,16           ;bit rep.
ers_l1: xor     dl,dl
        cyset   g_pln
        cyset   r_pln
        cyset   b_pln
        cmp     dl,7
        je      left_c
        mov     dh,dl
        jmp     short ers_le
left_c: mov     dl,dh
        setcol  b_pln
        setcol  r_pln
        setcol  g_pln
ers_le: ror     bx,1
        sub     cl,1
        jnz     ers_l1
        add     si,2
        sub     ch,1
        jz      ers_fl
        jmp     ers_l2
ers_fl: sub     dl,1
        jz      ers_qt
        jmp     ers_l3
ers_qt:

        pop     es
        pop     ds
        popa
        iret
even
b_pln   dw      0a800h
r_pln   dw      0b000h
g_pln   dw      0b800h
savebx  dw      ?
saveds  dw      ?
mouse   dw      0
fhdl    dw      ?
xpos    dw      ?
ypos    dw      ?
remn    dw      ?
dpos    dw      ?
bw      dw      ?
color   db      ?
fname   db      32 dup(0)
emsg    db      'File open error !',0dh,0ah,'$'
buff    db      512 dup(?)
code    ends
        end
```

(C)　樹種データ自動読み取りのプログラム

```
4     CLS 3:CLEAR 1000
5     DEF SEG=SEGPTR(2)
10    DIM ALSUMY(399)
20    DIM ALSUMX(399)
22    DIM SUMR(50,50)
23    DIM KOLOR(6)
40    TEISE=0
50    KOLOR(0)=0
51    KOLOR(1)=1
52    KOLOR(2)=3
53    KOLOR(3)=5
54    KOLOR(4)=7
55    KOLOR(5)=9
56    KOLOR(6)=10
67    '
68    *SYOKIIRO
70      PRINT "黒色 = ";KOLOR(0)
71      PRINT "青色 = ";KOLOR(1)
72      PRINT "赤色 = ";KOLOR(2)
73      PRINT "紫色 = ";KOLOR(3)
74      PRINT "緑色 = ";KOLOR(4)
75      PRINT "水色 = ";KOLOR(5)
76      PRINT "黄色 = ";KOLOR(6)
77      PRINT "      "
85    INPUT "訂正しますか？　ＹＥＳ＝１，ＮＯ＝０";TEISE :CLS 3
90    IF TEISE=0 GOTO *MAINNN
94      PRINT "       "
95      INPUT "      黒色 = ";KOLOR(0)
96      INPUT "      青色 = ";KOLOR(1)
97      INPUT "      赤色 = ";KOLOR(2)
98      INPUT "      紫色 = ";KOLOR(3)
99      INPUT "      緑色 = ";KOLOR(4)
100     INPUT "      水色 = ";KOLOR(5)
101     INPUT "      黄色 = ";KOLOR(6)
102   GOTO *SYOKIIRO
139   '
141   *MAINNN
142     MAPS=0:MOUSES=3:ERSS=6:SP%=SEGPTR(5):BW%=-1:K%=0
143     CONSOLE ,,0,1
144     SCREEN 3,0,0,1
145     BLOAD "n8.bin"
146     X%=1
147     Y%=1
148     FLS="B:VIP.TMP"
150     CALL MAPS(BW%,FLS,SP%,X%,Y%)
157     *IRONURI
160     CALL MOUSES(X%,Y%,K%)
170     IF K%>=7 GOTO *EEE
180     PAINT (X%,Y%),K%,7
190     GOTO *IRONURI
200     *EEE
210     CALL ERSS
220       PRINT "":PRINT ""
221       PRINT "た":PRINT "":PRINT ""
222       PRINT "だ":PRINT "":PRINT ""
223       PRINT "今":PRINT "":PRINT ""
224       PRINT "計":PRINT "":PRINT ""
225       PRINT "算":PRINT "":PRINT ""
226       PRINT "中":PRINT "":PRINT ""
227       PRINT "！"
280 ' LINE (120,0)-(120,399),7,,
281 ' LINE (521,0)-(521,399),7,,
295    DIM SUM(50,50)
305    M=0
306   FOR JQ=0 TO 50.
307   FOR KQ=0 TO 50
310   IF JQ=50 THEN JQQ=520 ELSE JQQ=121+8*JQ
312   IF KQ=50 THEN KQQ=399 ELSE KQQ=8*KQ
320   IF POINT(JQQ,KQQ)=1 THEN SUMR(JQ,KQ)=KOLOR(1)
322   IF POINT(JQQ,KQQ)=2 THEN SUMR(JQ,KQ)=KOLOR(2)
324   IF POINT(JQQ,KQQ)=3 THEN SUMR(JQ,KQ)=KOLOR(3)
326   IF POINT(JQQ,KQQ)=4 THEN SUMR(JQ,KQ)=KOLOR(4)
328   IF POINT(JQQ,KQQ)=5 THEN SUMR(JQ,KQ)=KOLOR(5)
```

```
330   IF POINT(JQQ,KQQ)=6 THEN SUMR(JQ,KQ)=KOLOR(6)
331   IF POINT(JQQ,KQQ)=7 THEN SUMR(JQ,KQ)=0:
332   IF POINT(JQQ,KQQ)=0 THEN SUMR(JQ,KQ)=KOLOR(0)
339 NEXT KQ
340 NEXT JQ
1205    CLS 1
1999 *DATASAKUSEI
2000 OPEN "B:JYUSYU.DAT" AS # 1
2010 NA$="REM"
2020 K=1
2030 A=51 :B=100
2050 'PRINT #1,K;NA$;",","A;",","A;",","B;",","B
2060 II=II+1
2070 FOR L=0 TO 49
2080 FOR K=0 TO 4
2090 KS=K*10
2092 KE=KS+9
2095 FOR KK=KS TO KE
2100 PRINT #1,USING ",####";SUMR(KK,L);
2110 NEXT KK
2120 PRINT #1,
2135 NEXT K
2140 NEXT L
2150  END
```

```
; by D.Kozeki
.286c
code    segment
        assume  cs:code,ds:code
        org     0h
sub1:   jmp     near ptr maps
sub2:   jmp     near ptr mouses
sub3:   jmp     near ptr erass
maps:   pusha

; CALL MAPS(VIP$,SP%,X%,Y%)
; 地図ファイル名読み込み
        les     si,dword ptr [bx+8]
        mov     ax,es:[si]
        les     si,dword ptr [bx+12]
        mov     ch,0
        mov     cl,es:[si]
        cmp     byte ptr es:[si+1],0
        jne     t1
        mov     ax,dx
t1:
t2:     mov     di,offset fname
        mov     si,es:[si+2]
        mov     es,ax
lp1:    mov     al,es:[si]
        mov     cs:[di],al
        inc     si
        inc     di
        loop    lp1
;main:
; X%の値取得
        les     si,dword ptr [bx+4]
        mov     ax,es:[si]
        mov     cs:xpos,ax
; Y%の値取得
        les     si,dword ptr [bx]
        mov     ax,es:[si]
        mov     cs:ypos,ax

        les     si,dword ptr [bx+16]
        mov     ax,es:[si]
        cmp     ax,0
        je      bw1
        mov     ax,-1
bw1:    mov     cs:bw,ax

        push    cs
        pop     ds

; ファイルオープン
        mov     ah,3dh
        mov     dx,offset fname
        mov     al,0
        int     21h
        jnc     nxt1
        jmp     short error
nxt1:   mov     fhdl,ax
        mov     remn,0
        mov     ax,offset buff
        mov     dpos,ax

        mov     ax,ypos
        dec     ax
        mov     bx,162
        imul    bx
        mov     bx,xpos
        dec     bx
        add     ax,bx
        adc     dx,0
        mov     cx,dx
        mov     dx,ax
        mov     al,0
        mov     ah,42h
        mov     bx,fhdl
        int     21h

        mov     si,400
        mov     di,0
nxt2:   mov     cx,40
lp3:    call    getdt
        mov     es,b_pln
        mov     es:[di],dx
        mov     es,r_pln
        mov     es:[di],dx
        mov     es,g_pln
        mov     es:[di],dx
        inc     di
        inc     di
        loop    lp3
        dec     si
        cmp     si,0
        je      nxt3
        mov     cx,41
lp2:    call    getdt
        loop    lp2
        jmp     nxt2

error:  mov     dx,offset emsg
        mov     ah,09h
        int     21h
        jmp     short quit
nxt3:
        mov     ah,3eh
        mov     bx,fhdl
        int     21h
quit:   popa
        iret
getdt   proc    near
        push    cx
        cmp     remn,0
        jne     nxt4
        mov     ah,3fh
        mov     bx,fhdl
        mov     cx,512
        mov     dx,offset buff
        int     21h
        mov     remn,ax
        mov     ax,offset buff
        mov     dpos,ax
nxt4:   mov     bx,dpos
        mov     dx,[bx]
        xor     dx,bw
        inc     dpos
        inc     dpos
        dec     remn
        dec     remn
        pop     cx
        ret
getdt   endp

; CALL MOUSES(X%,Y%,K%)

mouses: pusha
        mov     cs:savebx,bx
        mov     cs:saveds,ds

        push    cs
        pop     ds

        cmp     mouse,1
        je      ms1
        mov     ax,0h
        int     33h
        inc     mouse
ms1:    mov     ax,01h
        int     33h
mslp1:  mov     dl,0ffh
        mov     ah,06h
        int     21h
        jz      mslp1
        cmp     al,'0'
        jl      mslp1
        cmp     al,'8'
        jg      mslp1
```

```
        sub     al,'0'
        mov     color,al
        mov     ax,03h
        int     33h
        mov     xpos,cx
        mov     ypos,dx
        mov     ax,02h
        int     33h
        mov     bx,offset savebx
        les     si,dword ptr [bx]
        lds     bx,es:dword ptr [si]
        mov     al,cs:color
        mov     ah,0
        mov     [bx],ax
        lds     bx,es:dword ptr [si+4]
        mov     ax,cs:ypos
        mov     [bx],ax
        lds     bx,es:dword ptr [si+8]
        mov     ax,cs:xpos
        mov     [bx],ax
        popa
        iret

erass:  pusha
;******************************************
;******************************************
.xlist
cyset   macro   x
        local   l1,l2
        mov     es,x
        test    es:[si],bx
        jz      l1
        stc
        jmp     short l2
l1:     clc
l2:     rcl     dl,1
        endm

setcol  macro   x       ;白専用
        local   l1
        shr     dl,1
        jc      l1
        mov     es,x
        xor     es:[si],bx
l1:
        endm

setcol2 macro   x       ;汎用
        local   l1,l2
        mov     es,x
        mov     ax,bx
        shr     dl,1
        jc      l1
        not     ax
        and     es:[si],ax
        jmp     short l2
l1:     or      es:[si],ax
l2:
        endm
;******************************************
;******************************************
.sall
.list

        push    ds
        push    es

        push    cs
        pop     ds

        xor     si,si           ;pln_offset
        mov     bx,80h
        mov     dl,400          ;y rep.
ers_l3: mov     ch,40           ;x rep.
        xor     dh,dh           ;init. col
ers_l2:
        mov     cl,16           ;bit rep.
ers_l1: xor     dl,dl
        cyset   g_pln
        cyset   r_pln
        cyset   b_pln
        cmp     dl,7
        je      left_c
        mov     dh,dl
        jmp     short ers_le
left_c: mov     dl,dh
        setcol  b_pln
        setcol  r_pln
        setcol  g_pln
ers_le: ror     bx,1
        sub     cl,1
        jnz     ers_l1
        add     si,2
        sub     ch,1
        jz      ers_fl
        jmp     ers_l2
ers_fl: sub     dl,1
        jz      ers_qt
        jmp     ers_l3
ers_qt:

        pop     es
        pop     ds
        popa
        iret
even
b_pln   dw      0a800h
r_pln   dw      0b000h
g_pln   dw      0b800h
savebx  dw      ?
saveds  dw      ?
mouse   dw      0
fhdl    dw      ?
xpos    dw      ?
ypos    dw      ?
remn    dw      ?
dpos    dw      ?
bw      dw      ?
color   db      ?
fname   db      32 dup(0)
emsg    db      'File open error !',0dh,0ah,'$
buff    db      512 dup(?)
code    ends
        end
```

(H)　強風地点の予測のプログラム

```
      INTEGER MESH1(2),MESH2(2),POINT(51,51)
      REAL X0(8),Y1(8),Y2(8),Y(8,8)
      REAL WIND1(50,50),WIND2(50,50)
      CHARACTER IFNAME*10,REM*3,COMMA*1,DIR(16)*6,K
      F(X,MESH,YA,YB)=(YB-YA)*X/MESH+YA
      CALL BACKCO(0)
      CALL GRAPH(0,0,0,0)
      RAD=-3.1415926/180.
      DIR(1)='南'
      DIR(2)='南南西'
      DIR(3)='南西'
      DIR(4)='西南西'
      DIR(5)='西'
      DIR(6)='西北西'
      DIR(7)='北西'
      DIR(8)='北北西'
      DIR(9)='北'
      DIR(10)='北北東'
      DIR(11)='北東'
      DIR(12)='東北東'
      DIR(13)='東'
      DIR(14)='東南東'
      DIR(15)='南東'
      DIR(16)='南南東'
      OPEN(1,FILE='UVW.RES',STATUS='OLD')

      WRITE(*,*) '表示する地形のファイル名を入力して下さい。'
    1 READ(*,1000,ERR=1) IFNAME
 1000 FORMAT(A10)
      OPEN(2,FILE=IFNAME,STATUS='OLD')
      READ(2,1100) REM,COMMA,REM,COMMA,MESH1(1),COMMA,MESH1(2),
     *                           COMMA,MESH2(1),COMMA,MESH2(2)
 1100 FORMAT(A3,A1,A3,4(A1,I4))
      DO 10 IY=1,51
        DO 10 IX=1,41,10
          IF (IX.EQ.41) THEN
            READ(2,1200) REM,COMMA,REM,(COMMA,POINT(I,IY),I=IX,IX+10)
          ELSE
            READ(2,1300) REM,COMMA,REM,(COMMA,POINT(I,IY),I=IX,IX+ 9)
          ENDIF
 1200 FORMAT(A3,A1,A3,11(A1,I4))
 1300 FORMAT(A3,A1,A3,10(A1,I4))
   10 CONTINUE
C
  100 READ(1,1400,END=200) COMMA,IWIND2,COMMA,IWIND1,
     *                     COMMA,ITIME
 1400 FORMAT(3(A1,I2))
      DO 20 IY=50,1,-1
        DO 20 IX=1,41,10
          READ(1,1500) (COMMA,WIND1(I,IY),I=IX,IX+9)
   20 CONTINUE
 1500 FORMAT(10(A1,F5.2))
      DO 30 IY=50,1,-1
        DO 30 IX=1,41,10
          READ(1,1600) (COMMA,WIND2(I,IY),I=IX,IX+9)
   30 CONTINUE
 1600 FORMAT(10(A1,F4.1))
C
      CALL TEXTOF
C
      WRITE(*,*) CHAR(26)
      IWINDP=IWIND1/3+1
      CALL KANJI(10,379,7,'風向風速分布',6,0)
      CALL NUMCRT(120,379,ITIME,0,ITIME,1,0)
      CALL KANJI(140,379,7,'時間後',3,0)
      CALL CHARAC(20,359,0,'   ',2,2,0)
      CALL KANJI(20,359,IWINDP,DIR(IWIND2),3,0)
      CALL KANJI(70,359,7,'の風',2,0)
      CALL KANJI(20,339,7,'風速',2,0)
      CALL CHARAC(60,339,0,'  ',2,1,0)
      CALL NUMCRT(60,339,IWIND1,0,IWINDP,1,0)
      CALL CHARAC(60,339,7,'m/s',3,1,0)
C
      CALL LINE(40,230,40,290,7)
      CALL LINE(40,290,30,260,7)
```

```
      CALL LINE(30,260,50,260,7)
C
      RWIND2=(IWIND2-1)*22.5
      ICOS=NINT(32*COS((RWIND2-90.)*RAD))
      ISIN=NINT(32*SIN((RWIND2-90.)*RAD))
      IXE= 40+ICOS
      IYE=190+ISIN
      CALL LINE(40,190,IXE,IYE,ITIME)
      ICOS=NINT(24*COS((RWIND2-75.)*RAD))
      ISIN=NINT(24*SIN((RWIND2-75.)*RAD))
      IAXE= 40+ICOS
      IAYE=190+ISIN
      CALL LINE(IXE,IYE,IAXE,IAYE,ITIME)
      ICOS=NINT(24*COS((RWIND2-105.)*RAD))
      ISIN=NINT(24*SIN((RWIND2-105.)*RAD))
      IAXE= 40+ICOS
      IAYE=190+ISIN
      CALL LINE(IXE,IYE,IAXE,IAYE,ITIME)
        IXA=104
        IXB=116
        IY=160
        IXC=138
      DO 40 I=1,7
        IYA=IY-6
        IYB=IY+6
        CALL BOXFLL(IXA,IYA,IXB,IYB,I)
        NUM1=(I-1)*3
        NUM2=I*3
        CALL NUMCRT(IXC,IYA,NUM1,0,7,0,0)
        CALL CHARAC(150,IYA-1,7,'-',1,0,0)
        IF (NUM1.EQ.9) IXC=130
        CALL NUMCRT(IXC+30,IYA,NUM2,0,7,0,0)
        IY=IY+12
   40 CONTINUE
******** TOUKOUSENN ***************
      MESH=MESH2(I)
      DO 50 I=1,8
        X0(I)=MESH/8*I
   50 CONTINUE
      DO 60 IY=1,49
        DO 60 IX=1,49
          RXY=POINT(IX,IY)
          RX1Y=POINT(IX+1,IY)
          RXY1=POINT(IX,IY+1)
          RX1Y1=POINT(IX+1,IY+1)
          XY=(RXY+RX1Y+RXY1+RX1Y1)/4
          DO 70 I=1,8
            Y1(I)=F(X0(I),MESH,RXY,RX1Y)
            Y2(I)=F(X0(I),MESH,RXY1,RX1Y1)
            DO 70 J=1,8
              Y(I,J)=F(X0(J),MESH,Y1(I),Y2(I))
   70 CONTINUE
            DO 80 LOOP=-1,1
              PSET=NINT((XY+100*LOOP)/100)*100
              ICPSET=MOD(NINT(PSET/100),7)+1
              IF (PSET.LT.-1E-10) GO TO 60
              DO 90 I=1,8
                DXY=ABS(Y2(I)-Y1(I))/8*1.9
                IPSET=0
                DO 95 J=1,8
                  IF (ABS(Y(I,J)-PSET)-DXY.LE.1E-10) THEN
                    DXY=ABS(Y(I,J)-PSET)
                    IPSET=I*10+J
                  ENDIF
   95 CONTINUE
                IF (IPSET.NE.0) THEN
                  IPSETX=IPSET/10
                  IPSETY=IPSET-IPSETX*10
                  IPSETX=IPSETX+IX*8+200
                  IPSETY=IPSETY+IY*8-8
                  CALL GRAPH(IPSETX,IPSETY,4,ICPSET)
                ENDIF
   90 CONTINUE
   80 CONTINUE
   60 CONTINUE
```

```
      DO 110 IY=2,50,2
        DO 110 IX=2,50,2
          IXB=IX*8+200
          IYB=IY*8-8
          IC=2*(NINT(WIND1(IX,IY)/3.)+1)
          ICOS=NINT(IC*COS((WIND2(IX,IY)-90.)*RAD))
          ISIN=NINT(IC*SIN((WIND2(IX,IY)-90.)*RAD))
          IXE=IXB+ICOS
          IYE=IYB+ISIN
          CALL LINE(IXB,IYB,IXE,IYE,IC/2)
C
          ICOS=NINT(IC*0.67*COS((WIND2(IX,IY)-75.)*RAD))
          ISIN=NINT(IC*0.67*SIN((WIND2(IX,IY)-75.)*RAD))
          IAXE=IXB+ICOS
          IAYE=IYB+ISIN
          CALL LINE(IXE,IYE,IAXE,IAYE,IC/2)
C
          ICOS=NINT(IC*0.67*COS((WIND2(IX,IY)-105.)*RAD))
          ISIN=NINT(IC*0.67*SIN((WIND2(IX,IY)-105.)*RAD))
          IAXE=IXB+ICOS
          IAYE=IYB+ISIN
          CALL LINE(IXE,IYE,IAXE,IAYE,IC/2)
  110 CONTINUE

      CALL TEXTON
      DO 120 I=1,16
  120   WRITE(*,*)
      WRITE(*,*) 'ハードコピーを'
      WRITE(*,*) 'とりますか？'
      WRITE(*,*) '          O:1  X:2'
      READ (*,1700) K
      IF (K.EQ.'1') CALL COPYGP(0)
      K=' '
      WRITE(*,*) '次の時間の表示に移ります，
      WRITE(*,*) '              O:1  X:2'
      READ (*,1700) K
      IF (K.EQ.'1') THEN
        CALL GRAPH(0,0,0,0)
        WRITE(*,*) CHAR(26)
        GO TO 100
        WRITE(*,*)
      ELSE
        WRITE(*,*) '終了するにあたって'
        WRITE(*,*) 'グラフィック画面を'
        WRITE(*,*) '      消去しますか？'
        WRITE(*,*) '           O:1  X:2'
        READ (*,1700) K
 1700 FORMAT(A)
      IF (K.EQ.'1') THEN
        CALL GRAPH(0,0,0,0)
        WRITE(*,*) CHAR(26)
        GO TO 200
      ELSE
        GO TO 200
      ENDIF
      ENDIF
  200 CLOSE(1)
      CLOSE(2)
      STOP
      END
```

(J) 延焼拡大予測 プログラム

```
C$STORAGE:2
      INTEGER FM1(2500),FM2(2500),TIMES(50,50),ECHECK(50,50),PNTNO,
     +    WCHECK(50,50),STIME,POINT(50,50),WINDY(10,2),IXB(20),IYB(20)
      CHARACTER DIR(16)*3,COMMA*1
      COMMON / DATA / KEISYA(50,50,2),WIND(50,50,2),SPEC(50,50)
     +                ,SHOBO(50,50)
      COMMON /DATA2 / WCHECK
      DATA FM1,FM2/5000*0/
      DATA IXB,IYB/40*0/
      DATA WINDY/20*0/
      DIR(1)='S'
      DIR(2)='SSW'
      DIR(3)='SW'
      DIR(4)='WSW'
      DIR(5)='W'
      DIR(6)='WNW'
      DIR(7)='NW'
      DIR(8)='NNW'
      DIR(9)='N'
      DIR(10)='NNE'
      DIR(11)='NE'
      DIR(12)='ENE'
      DIR(13)='E'
      DIR(14)='ESE'
      DIR(15)='SE'
      DIR(16)='SSE'
      IXLAST=50
      IYLAST=50
    1 WRITE(*,*) '****  メッシュの大きさ (実数) ?'
      WRITE(*,*) '****  シミュレーション終了: 0'
      WRITE(*,*)
  991 READ(*,992,ERR=991) SIZE
  992 FORMAT(F4.0)
      IF (SIZE.EQ.0) GO TO 9999
      DO 5 IX=1,IXLAST
        DO 5 IY=1,IYLAST
          TIMES(IX,IY)=9999
          ECHECK(IX,IY)=0
    5 CONTINUE
      OPEN (2,FILE='ENSYOU.RES',STATUS='OLD')
      OPEN (7,FILE='VIEW.DAT',STATUS='OLD')
      CLOSE(2,STATUS='DELETE')
      CLOSE(7,STATUS='DELETE')
      OPEN (1,FILE='FNAME.DAT',STATUS='OLD')
      OPEN (2,FILE='ENSYOU.RES',STATUS='NEW')
C       OPEN (3,FILE='UVWSPOT.RES',STATUS='OLD')
      OPEN (3,FILE='UVW.RES',STATUS='OLD')
      OPEN (4,FILE='SPEC.DAT',STATUS='OLD')
      OPEN (7,FILE='VIEW.DAT',STATUS='NEW')
      OPEN (8,FILE='SHOBO.DAT',STATUS='OLD')
*************************************************************
***************     地形データの読み込み。     ***************

      DO 334 K=1,2
        DO 334 IW=1,50
          DO 334 IV=1,41,10
            READ(1,1300) (COMMA,KEISYA(IB,IW,K),IB=IV,IV+9)
  334 CONTINUE
 1300 FORMAT(10(A1,I4))
      CLOSE(1)

      DO 20 III=1,2
        FM1(III)=0
        FM2(III)=0
   20 CONTINUE
*************************************************************
***************    SYUKKATENN NO NYUURYOKU    ***************

      PNTNO=1
   25 WRITE(*,*) '****  出火点ナンバー  ',PNTNO
      WRITE(*,*) '****  出火点座標?  なければ 0, 0'
      WRITE(*,*)
      WRITE(*,*) '      X座標を入力して下さい。'
   26 READ(*,28,ERR=26) IXB(PNTNO)
```

```
      WRITE(*,*) '       Y座標を入力して下さい。'
   27 READ(*,28,ERR=27) IYB(PNTNO)
   28 FORMAT(I4)
      IF (IXB(PNTNO).EQ.0.AND.IYB(PNTNO).EQ.0) GO TO 30
      FM1(PNTNO)=IXB(PNTNO)*100+IYB(PNTNO)
      TIMES(IXB(PNTNO),IYB(PNTNO))=0
      ECHECK(IXB(PNTNO),IYB(PNTNO))=1
      PNTNO=PNTNO+1
      GO TO 25
   30 IELAST=PNTNO
      IFMLST=IELAST
      WRITE(*,*) '**** 最終予測時間は何分ですか？'
   31 READ(*,32,ERR=31) LAST
   32 FORMAT(I5)
      DO 100 ITIME=120,LAST,120
        ILAST=ITIME
        IIII=INT(ITIME/120)
*************************************************************
************   風向．風速データの読み込み。   ************

        READ(3,1400) (COMMA,WINDY(IIII,IW),IW=1,2)
 1400 FORMAT(2(A1,I2))
        DO 435 IW=1,50
          DO 435 IV=1,41,10
            READ(3,2100) (COMMA,WIND(IB,IW,2),IB=IV,IV+9)
 2100 FORMAT(10(A1,F5.2))
  435 CONTINUE
        DO 335 IW=1,50
          DO 335 IV=1,41,10
            READ(3,2000) (COMMA,WIND(IB,IW,1),IB=IV,IV+9)
 2000 FORMAT(10(A1,F4.0))
  335 CONTINUE

*************************************************************
***************** 強風点データの読み込み *****************

C         DO 336 IW=1,50
C           DO 336 IV=1,41,10
C             READ(3,2001) (COMMA,WCHECK(IB,IW),IB=IV,IV+9)
C 2001 FORMAT(10(A1,I1))
C  336 CONTINUE
C       WRITE(*,*) '計算中です。
*************************************************************
***************     樹種データの読み込み。     ***************

        DO 344 IW=1,50
          DO 344 IV=1,41,10
            READ(4,1900) (COMMA,SPEC(IB,IW),IB=IV,IV+9)
  344 CONTINUE
 1900 FORMAT(10(A1,F4.1))

*************************************************************
***************    SHOBO.DAT    ****************************

        DO 354 IW=1,50
          DO 354 IV=1,41,10
            READ(8,1910) (COMMA,SHOBO(IB,IW),IB=IV,IV+9)
  354 CONTINUE
 1910 FORMAT(10(A1,F4.1))


*************************************************************
***************     ENSYOU MODEL NO KEISAN    ***************
      CALL SUB1(FM1,FM2,TIMES,ECHECK,ILAST,IELAST,ICONV,SIZE
     +    ,IFMLST)
*************************************************************
        ICOUNT=1
        DO 80 IX=1,IXLAST
          DO 80 IY=1,IYLAST
         IF (TIMES(IX,IY).LT.ITIME.AND.TIMES(IX,IY).GE.(ITIME-120)) THEN
            IF (TIMES(IX,IY).EQ.0) GO TO 80
              FM1(ICOUNT)=IX*100+IY
              ICOUNT=ICOUNT+1
           END IF
   80 CONTINUE
```

```
     .  FM1(ICOUNT)=0
        IELAST=ICOUNT

*************************************************************
****************** SPOT2 -- N,L **************************

      CALL SPOT2(ECHECK,TIMES,FM1,IELAST,ILAST,WINDY,SIZE
     + ,IFMLST,ITIME,PNTNO )
*************************************************************

  100 CONTINUE
*************************************************************
**********   延焼動態メッシュデータの書き込み。   **********

      DO 103 JQ=1,50
        DO 103 IQ=1,50
          POINT(IQ,JQ)=0
  103 CONTINUE
      WRITE(*,*)'    ****  林野火災延焼シミュレーション  ****'
      WRITE(*,1100)
 1100 FORMAT(1H ,/'    ****  出火点の位置',//10X,'NO. ',
     +       4X,'X 座標',4X,'Y 座標')
      IIII=1
  110 CONTINUE
      IF (IXB(IIII).EQ.0.AND.IYB(IIII).EQ.0) GO TO 120
      WRITE(*,1101) IIII,IXB(IIII),IYB(IIII)
 1101 FORMAT(1H ,10X,I4,6X,I4,6X,I4)
      IIII=IIII+1
      GO TO 110
  120 WRITE(*,1102)
 1102 FORMAT(1H ,/'    ****  風向、風速のデータ',//10X,' 時刻 ',
     +       4X,' 風向 ',4X,' 風速')
      IIII=1
  130 CONTINUE
      IWIND1=WINDY(IIII,1)
      IWIND2=WINDY(IIII,2)
      IF (IWIND1.EQ.0.AND.IWIND2.EQ.0) GO TO 140
      IIQQ=(IIII-1)*120
      WRITE(*,1103) IIQQ,DIR(IWIND1),IWIND2
 1103 FORMAT(1H ,10X,I4,6X,A3,7X,I4)
      IIII=IIII+1
      GO TO 130
  140 WRITE(*,*)
      PRNO=1
      IPMAX=50
      IPAGE=INT(IXLAST/IPMAX)+1
      IPMOD=MOD(IXLAST,IPMAX)
      DO 300 IP=1,IPAGE
        IF (IP.EQ.IPAGE) IPMAX=IPMOD
        IF (IPMAX.EQ.0) GO TO 400
        DO 210 IY=1,IYLAST
          DO 200 IX=50*(IP-1)+1,50*(IP-1)+IPMAX
            IF (TIMES(IX,IY).NE.9999) THEN
              IF (TIMES(IX,IY).EQ.0) THEN
                POINT(IX,IY)=2
              ELSE
                STIME=TIMES(IX,IY)+1
                IF (STIME.LT.LAST) THEN
                  ICOLOR=MOD(INT(STIME/120.),5)+3
                  POINT(IX,IY)=ICOLOR
                ENDIF
              ENDIF
            ENDIF
  200 CONTINUE
        IF (PRNO.EQ.50) PRNO=0
        PRNO=PRNO+1
  210 CONTINUE
  300 CONTINUE
  400 GO TO 1
 9999   IQIQ=0
      DO 403 IY=50,1,-1
        DO 403 IX=1,41,10
          IQIQ=IQIQ+1
          WRITE(2,1333) IQIQ,' REM ',(POINT(I,IY),I=IX,IX+9)
 1333     FORMAT(I3,A5,I1,9(',',I1))
  403 CONTINUE
```

```
      CLOSE(2)
      CLOSE(3)
      DO 503 I=1,2491,10
  503   WRITE(7,1503) (COMMA,FM1(II),II=I,I+9)
 1503 FORMAT(10(A1,I4))
      CLOSE(7)
        END

*************************************************************
*************    YAMAKAJI ENSYOU MODEL   SUBROUTINE   *********

      SUBROUTINE SUB1(FM1,FM2,TIMES,ECHECK,LAST,IELAST,ICONV,SIZE,
     + IFMLST)
      INTEGER FM1(2500),FM2(2500),TIMES(50,50),ECHECK(50,50),
     +         LAST,IELAST,ICONV,T1
      REAL HEN,A(2,2),B(2),DEG,SIZE
      COMMON / DATA / KEISYA(50,50,2),WIND(50,50,2),SPEC(50,50)
     +                ,SHOBO(50,50)
      RAD=3.1415926/180.
    5 IF (FM1(1).EQ.0) GO TO 9999
      ICOUNT=0
      IECNT=0
   10 ICOUNT=ICOUNT+1
      IF (FM1(ICOUNT).NE.0) THEN

        MX=FM1(ICOUNT)/100
        MY=FM1(ICOUNT)-MX*100
C        IF (KEISYA(MX,MY,1).EQ.-1)  GO TO 10
        TDEG=RAD*KEISYA(MX,MY,1)
        WDEG=RAD*WIND(MX,MY,1)

        A(1,1)=KEISYA(MX,MY,2)*SIN(TDEG)
        A(2,1)=KEISYA(MX,MY,2)*COS(TDEG)
        A(1,2)=WIND(MX,MY,2)*SIN(WDEG)
        A(2,2)=WIND(MX,MY,2)*COS(WDEG)
*********************************************************
***************   ENSYOU HOUKOU NO KEISAN   ***************

        B(1)=4.37*A(1,1)+21.57*A(1,2)
        B(2)=4.37*A(2,1)+21.57*A(2,2)
        IBB1=B(1)
        IBB2=B(2)
        CALL CCLOCK(IBB1,IBB2,EQDI)
*********************************************************
*************** SYUENSYOUSOKUDO NO KEISAN  **************

        TDI=RAD*EQDI-TDEG
        WDI=RAD*EQDI-WDEG
        TKEI=RAD*KEISYA(MX,MY,2)
C        VQE1=66.10+1.44*KEISYA(MX,MY,2)*COS(TDI)
C        VQE2=51.30*WIND(MX,MY,2)*COS(WDI)·
        VQE1=2.00*(TAN(TKEI))**2.
     *   +2.16*TAN(TKEI)+1.24
        VQE2=7.12*(TAN(TKEI))**2.
     *   +1.44*TAN(TKEI)+0.26
C        VQE=(VQE1+VQE2)*SPEC(MX,MY)
C        VQE=(VQE1+VQE2)
        VQE=60.*(VQE1*WIND(MX,MY,2)+VQE2)
        IF (VQE.LE.0)  GO TO 10
        DO 50 II=1,15
          ELOW=11.25+22.5*(II-1)
          EHIGH=11.25+22.5*II
          IF (EQDI.GT.ELOW.AND.EQDI.LE.EHIGH) THEN
            EQDI=22.5*II
            GO TO 60
          ENDIF
   50 CONTINUE
        EQDI=0
*********************************************************
**************          ENSYOU SANTEI        ***************

   60   DO 100 IX=MX-2,MX+2
          DO 100 IY=MY-2,MY+2
            IF (IX.EQ.MX.AND.IY.EQ.MY) GO TO 100
C             IF (KEISYA(IX,IY,1).EQ.-1) GO TO 100
              IF (IX.LT.1.AND.IY.LT.1) GOTO 100
```

```
            IF (IX.GT.50.AND.IY.GT.50) GOTO 100
          IF (ECHECK(IX,IY).EQ.0) THEN
            IECNT=IECNT+1
            FM2(IECNT)=IX*100+IY
            IBB1=IX-MX
            IBB2=MY-IY
            CALL CCLOCK(IBB1,IBB2,DEG)
            HEN=EQDI-DEG
*****************************************************
***************       HENKAKU NO SYUUSEI      ***************

            IF (HEN.LT.-180) THEN
              HEN=HEN+360
              ELSE IF (HEN.GT.180) THEN
              HEN=HEN-360
            ENDIF
          HEN=ABS(HEN*RAD)
*****************************************************
**********  EHSYOUSOKUDO TO TYAKKAJIKOKU KEISAN  **********

C           SIDE=(10.**(2.-.1200*WIND(MX,MY,2)))/100.
C           BACK=(10.**(2.-.2140*WIND(MX,MY,2)))/100.
          RIMIT=90.*RAD
C           VQSIDE=VQE*SIDE
C           VQBACK=VQE*BACK
          VQSIDE=60.*0.6
          VQBACK=60.*0.4
          IF (HEN.LE.RIMIT) THEN
            IF (VQSIDE.LT.1.) THEN
              V=(COS(HEN)**2/VQE**2)**(-.5)
            ELSE
              V=(COS(HEN)**2/VQE**2+SIN(HEN)**2/VQSIDE**2)**(-.5)
            ENDIF
          ELSE
            IF (VQSIDE.LT.1.) THEN
              V=0
            ELSE IF (VQBACK.LT.1.) THEN
              V=(SIN(HEN)**2/VQSIDE**2)**(-.5)
            ELSE
              V=(COS(HEN)**2/VQBACK**2+SIN(HEN)**2/VQSIDE**2)**(-.5)
            ENDIF
          ENDIF

          V=V*SPEC(MX,MY)*SHOBO(IX,IY)
          IF (V.EQ.0) GO TO 100
          T=(SQRT(REAL((IX-MX)**2+(IY-MY)**2))*SIZE/V)*60.
          T1=TIMES(MX,MY)+INT(T)
          IF (T1.LT.TIMES(IX,IY))  THEN
            TIMES(IX,IY)=T1
          ENDIF
        ENDIF
  100 CONTINUE
      GO TO 10
      ENDIF

      IECNT=IECNT+1
      FM2(IECNT)=0
      ICOUNT=0
      IECNT=0
   20 ICOUNT=ICOUNT+1
      IF (FM2(ICOUNT).NE.0) THEN
        IX=FM2(ICOUNT)/100
        IY=FM2(ICOUNT)-IX*100
        IF (TIMES(IX,IY).LT.LAST)  THEN
          DO 65 IFM1C=1,IECNT
            IF (FM1(IFM1C).EQ.IX*100+IY) GO TO 20
   65 CONTINUE

          IECNT=IECNT+1
          ECHECK(IX,IY)=1
          FM1(IECNT)=FM2(ICOUNT)
        ENDIF
        GO TO 20
      ENDIF
      IFMLST=IFMLST+IECNT
      IECNT=IECNT+1
```

```
      FM1(IECNT)=0
      GO TO 5
 9999 CONTINUE
      RETURN
      END

*************************************************************
************* SPOT2 -- N,L **********************************
*************************************************************
      SUBROUTINE SPOT2(ECHECK,TIMES,FM1,IELAST,ISPTM,WINDY,SIZE
     + ,IFMLST,ITIME,PNTNO)
      INTEGER WCHECK(50,50),ECHECK(50,50),TIMES(50,50),FM1(2500)
     + ,WINDY(10,2),NSPOT(10),SPFM1(4500),SPFM1W,PNTNO
      REAL PFM1(4500),PPFM2(4500),AREA(10)
     + ,SPTLL(4500) ,RSPOTT(4500)
      PARAMETER(PAI=3.14)
      COMMON / DATA / KEISHA(50,50,2),WIND(50,50,2),SPEC(50,50)
     +                ,SHOBO(50,50)
      COMMON / DATA2 / WCHECK
      NTIM=0
      TIMEE=FLOAT(ITIME)
      TIMT=TIMEE/120
      JIIP=INT(TIMT)
      NTIM=NTIM+1
*************************************************************
*******IF KAREKUSA 30,SINRIN 150,ELSE 90*********************

      AREA(0)=0.
      NSPOT(0)=0
      AREA(JIIP)=((SIZE/100.)**2.)*FLOAT(IFMLST)
      NSPOT(JIIP)=INT(AREA(JIIP)/30.)
      ISPNO=IELAST
        WRITE (*,*) 'IFMLST=',IFMLST,' AREA=',AREA(JIIP)
        WRITE (*,*) 'NSPOT= ',NSPOT(JIIP)
      KIIP=INT(TIMT)
      RWIND1=((FLOAT(WINDY(JIIP,1))-1.)*22.5)*PAI/180.
      IF (WINDY(JIIP,2).LT.5) GOTO 9999
        ISPNO=IELAST
        MSPOT=0
      DO 10 I=1,50
        DO 10 J=1,50
          IF (TIMES(I,J).EQ.9999) GO TO 10
          ITIMES=INT(TIMES(I,J)/120.)
          IF ((ECHECK(I,J).EQ.1).AND.(ITIMES.GE.(JIIP-1)).AND.
     +      (ITIMES.LT.(JIIP))) THEN
C          IF ((ECHECK(I,J).EQ.1).AND.(ITIMES.GE.(JIIP-1)).AND.
C    +       (ITIMES.LT.(JIIP)).AND.(WCHECK(I,J).EQ.1))) THEN
          DO 20 II=1,50
            DO 20 JJ=1,50
*************SPOT ANGLE**************************************
              III=II-I
              JJJ=JJ-J
              IF (JJJ.NE.0) THEN
                RIJ=ABS(FLOAT(III)/FLOAT(JJJ))
                RSPOT= ABS(ATAN(RIJ))
                IF((III.GE.0).AND.(JJJ.LT.0)) GOTO 120
                IF((III.GE.0).AND.(JJJ.GT.0)) THEN
                  RSPOT=-RSPOT+PAI
                ELSE IF ((III.LE.0).AND.(JJJ.GT.0)) THEN
                  RSPOT=RSPOT+PAI
                ELSE
                  RSPOT=-RSPOT+PAI*2.
                ENDIF
              ELSE IF (III.GE.0) THEN
                IF(III.EQ.0) GOTO 20
                RSPOT=PAI/2.
              ELSE
                RSPOT=3./2.*PAI
              END IF
  120         CONTINUE
              RRSPOT=ABS(RWIND1-RSPOT)
              IF((RRSPOT.GT.30.*PAI/180.)
     +            .AND.(RRSPOT.LT.330.*PAI/180.)) GOTO 20
              IF (ECHECK(II,JJ).EQ.0) THEN
                SPOTL=ABS(SQRT(FLOAT(III**2+JJJ**2)))
                SPOTLE=SPOTL*SIZE
```

```
                  IF(SPOTL.GT.4000/SIZE) GOTO 20
                  IF(WINDY(JIIP,2).LE.8) THEN
                    PSPOT1=EXP(-(0.00228*SPOTLE)**3.)
                  ELSE IF (WINDY(JIIP,2).LE.15.) THEN
                    IF (SPOTLE.GT.1600.OR.SPOTLE.LT.500) GOTO 20
                    PSPOT1=-0.5*SPOTLE/1600.+0.5
                  ELSE
                    PSPOT1=0.2
                  END IF

******************* P OF SPOT ****************************
                  PSPOT2=EXP(-(RRSPOT**2.))
                  PSPOT=PSPOT1*PSPOT2
                  IXPNT=II
                  IYPNT=JJ
C                    IF(WCHECK(IXPNT,IYPNT).EQ.1) GOTO 20
                    IF(IXPNT.LT.1.OR.IYPNT.LT.1) GOTO 20
                    IF(IXPNT.GT.50.OR.IYPNT.GT.50) GOTO 20
                  IPOINT=IXPNT*100+IYPNT

********************SPOT KOHO ****************************
******************** SPFM2(I) SPOT KOHO ******************
******************** MSPOT N OF KOHO *********************
******************** PPFM2 P OF SPFM2 ********************
                  MSPOT=MSPOT+1
                  SPFM1(MSPOT)=IPOINT
                  PPFM2(MSPOT)=PSPOT
                  ECHECK(IXPNT,IYPNT)=2
                  SPTLL(MSPOT)=SPOTLE
                  RSPOTT(MSPOT)=RSPOT
                END IF
   20      CONTINUE
           END IF
   10    CONTINUE
       DO 30 I=1,MSPOT
         RRAN= RANDOM(0)
         PFM1(I)=PPFM2(I)-RRAN
   30 CONTINUE
       N1=MSPOT-1
       DO 40 I=1,N1
         CM=-9999.
         DO 41 J=1,MSPOT
           IF(PFM1(J).LE.CM) GOTO 41
           CM=PFM1(J)
           K=J
   41    CONTINUE
           IF(K.EQ.I) GOTO 40
           PFM1(K)=PFM1(I)
           PFM1(I)=CM
           SPFM1W=SPFM1(K)
           SPFM1(K)=SPFM1(I)
           SPFM1(I)=SPFM1W
           SPTLLW=SPTLL(K)
           SPTLL(K)=SPTLL(I)
           SPTLL(I)=SPTLLW
   40 CONTINUE
         WRITE(*,*)'    No of SPOT ',NSPOT(JIIP)
       DO 50 I=1,NSPOT(JIIP)-NSPOT(JIIP-1)
         IPX=SPFM1(I)/100
         IPY=SPFM1(I)-IPX*100
         ECHECK(IPX,IPY)=1
         TIMES(IPX,IPY)=ITIME
         PNTNO=PNTNO+1
         FM1(PNTNO)=SPFM1(I)
   50 CONTINUE
         IELAST=PNTNO
       DO 60 I=1,50
         DO 60 J=1,50
           IF(ECHECK(I,J).EQ.2) ECHECK(I,J)=0
   60 CONTINUE
       IFMLST=IFMLST+NSPOT(JIIP)-NSPOT(JIIP-1)
 9999 RETURN
       END

**********************************************************
**********************************************************
```

```
***********  SUBROUITINE ATAN --- 360 CONV ***************

      SUBROUTINE CCLOCK(X,Y,DEG)
      INTEGER X,Y
      REAL DEG
      IF (X.EQ.0) THEN
        IF (Y.GE.0) THEN
          DEG=0.
        ELSE
          DEG=180.
        ENDIF
      ELSE
        GRD=ATAN(ABS(REAL(Y))/ABS(REAL(X)))
        DIG=GRD*180./3.1415926
        IF (X.GT.0) THEN
          IF (Y.GE.0)  THEN
            DEG=90.-DIG
          ELSE
            DEG=90.+DIG
          ENDIF
        ELSE
          IF (Y.GE.0) THEN
            DEG=270.+DIG
          ELSE
            DEG=270.-DIG
          ENDIF
        ENDIF
      ENDIF
      RETURN
      END
```

消防庁消防研究所研究資料第２２号

パソコンを用いた林野火災
の拡大予測に関する研究

平成２年３月

自治省消防庁消防研究所
東京都三鷹市中原３丁目14番１号(郵便番号181)
電話(0422) 44-8331(代)
印刷所　株式会社　三　州　社